This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

**Usage guidelines**

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

**About Google Book Search**

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

**A propos de ce livre**

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

**Consignes d'utilisation**

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

**À propos du service Google Recherche de Livres**

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

4

ANNEX

PAE
631

IMPRIMERIE DE M

# POSITIONS
# DE PHYSIQUE,

**PAR A. QUETELET,**

Correspondant de l'institut de France; des académies royales de Bruxelles, de Berlin et de Turin; de la société royale astronomique de Londres, etc.

*Summa sequar fastigia.*
VIRG.

**DEUXIÈME ÉDITION.**

**TOME II.**

**BRUXELLES,**
CHEZ J.-B. TIRCHER, LIBRAIRE-ÉDITEUR,
RUE DE L'ÉTUVE, N° 20.

**1834.**

ASTOR LIBRARY
NEW YORK

# POSITIONS DE PHYSIQUE

OU

## RÉSUMÉ

D'UN COURS DE PHYSIQUE GÉNÉRALE.

---

# LIVRE SECOND.

## DES CORPS IMPONDÉRABLES.

---

## PREMIÈRE SECTION.

### DE LA CHALEUR.

### CHAPITRE PREMIER.

*De la Chaleur en général et de ses Sources principales.*

1. La chaleur ne nous est connue que par ses effets; sa cause échappe à nos sens.

Obs. Les physiciens se partagent entre deux opinions principales sur la cause de la chaleur. Les uns admettent une matière très-subtile, impondérable et incoercible, qu'ils nomment *calorique :* cette matière entoure les molécules des corps et produit les phénomènes de la chaleur et du froid, selon qu'elle se trouve en plus ou moins grande quantité. Les autres regardent les mêmes phénomènes comme les résultats de mouvemens vibratoires, produits par les molécules des corps et par un fluide éminemment élastique qui serait répandu autour d'elles et qui reçoit le nom d'*éther*. Ces vibrations, selon leur intensité et leur nombre, produisent les divers degrés de température ; à peu près, comme en acoustique, les mouvemens vibratoires de l'air, selon leur intensité ou leur nombre, font varier la force ou la nature du son.

Nous nous proposons de traiter, autant que possible, la physique comme une science de faits, existant indépendamment de toute hypothèse sur leur nature. Nous sommes cependant loin de décliner l'utilité d'un système bien conçu, surtout quand il est employé avec discernement.

2. Parmi les principales sources de la chaleur, on doit surtout distinguer les suivantes :

1° Le *soleil*, dont les rayons échauffent d'autant plus les différentes régions de la terre qu'elles se trouvent dans une situation plus propre à les recevoir.

2° La *percussion*, et particulièrement celle qui a lieu sur des substances solides et métalliques.

Ex. Un morceau de fer s'échauffe sous le marteau, au point d'enflammer le *phosphore*. Les parcelles de fer deviennent incandescentes quand le briquet frappe rapidement le silex. Les mains s'échauffent également par la percussion.

3° Le *frottement*, et particulièrement entre les substances solides.

Ex. Les essieux peuvent s'enflammer en frottant trop rapidement contre les moyeux des roues. Les instrumens tranchans qu'on repasse,

s'échauffent considérablement : les sauva*ges* procurent du feu, en frottant rapidement l' contre l'autre deux morceaux de bois sec. Le veloppement de la chaleur par le frottem réussit dans le vide, dans l'eau et dans les quides quelconques. Sir *Humphry Davy*, frottant l'un contre l'autre deux morceaux glace, est parvenu à les fondre.

4° La *compression*, dont les effets so surtout remarquables dans les fluid aériformes.

Ex. Le briquet pneumatique qui enflam l'amadou par une compression rapide de l'a Selon *Mongolfier*, une pièce de canon s'échauf par une décharge, plus que si elle était rempli de charbons incandescens pendant un temp dix fois aussi long que celui de la décharge.

5° Les *combinaisons chimiques*, l'*électricité*, les *changemens d'état des corps*, *etc* dont nous aurons successivement oc casion de parler plus loin avec détail

3. Les animaux et l'homme jouissen

de la propriété d'avoir en eux une source de chaleur qui maintient en général leur température à peu près au même degré, malgré les divers changemens de température qui surviennent autour d'eux.

Ex. Voici les résultats d'un grand nombre d'expériences faites à cet égard par M. *John Davy*. La température des grands animaux a été déterminée en plaçant la boule d'un thermomètre sous leur langue, près de sa racine, ou par des moyens analogues. Pour les insectes, M. *Davy* se servait d'un thermomètre à boule très-fine qu'il introduisait dans le corps de l'animal, par une incision faite à l'instant même de l'expérience.

*Température des différentes races d'hommes, déterminée à Kandy* (Ceylan). Therm. cent.

| | |
|---|---|
| Trois ouvriers vigoureux de 24 à 33 ans . . . . . | 37°,1 |
| Trois Vaida, de 30 à 60 ans. . | 36, 8 |

| | Eau. | | Air |
|---|---|---|---|
| Truite . . . . . | 13°,3 | . | 14 |
| Poisson volant . . | 25, 3 | . | 25 |
| Huître . . . . . | 27, 8 | . | 27 |
| Écrevisse . . . . | 26, 7 | atm. | 26 |
| Crabe . . . . . | 22, 2 | eau. | 22 |

*Température des Insectes.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Scarabée . . . . | 24°,3 | amt. | 25°,0 |
| Ver-luisant. . . . | 22, 8 | . | 23, 3 |
| Grillon. . . . . | 16, 7 | . | 22, 5 |
| Guêpe . . . . . | 23, 9 | . | 24, 4 |
| Scorpion . . . . | 26, 1 | . | 25, 3 |
| Julus . . . . . | 26, 6 | . | 25, 8 |

Les vers paraissent avoir la température de l'air ou de l'eau dans lesquels on les trouve.

Les tableaux qui précédent conduisent aux conséquences suivantes :

1° Les hommes des différentes races, placés dans des circonstances sembla-

bles, ont exactement la même température, soit qu'ils se nourrissent exclusivement de viande, comme les Vaida; soit qu'ils ne mangent que des légumes, comme les prêtres de Bouddha, soit enfin qu'à l'imitation des Européens, ils prennent journellement ces deux espèces d'alimens.

2° La température de l'homme s'accroît un peu quand il se transporte d'un pays froid ou même tempéré dans un pays chaud.

3° Les oiseaux sont les animaux dont la température est la plus élevée. Les mammifères occupent le second rang, viennent ensuite les amphibies, les poissons et certains insectes; la dernière classe comprend les mollusques, les crustacés et les vers. (*Ann. du Bureau des Long.* pour 1827.)

On a trouvé que les 0,03 environ de l'oxy-

gène de l'air qui pénètre dans les poumons d l'homme, disparaissent et sont remplacés pa 0,03 d'acide carbonique. Ainsi, terme moyen un homme convertit, en 24 heures, 750 déci mètres cubes d'oxygène en acide carbonique ce qui représente 395 grammes de carbon convertis en acide carbonique. Mais on démon tre qu'il se dégage alors une chaleur capabl de porter 28,6 kil. d'eau de 0 à la température de l'ébullition. Or, la transpiration de l peau, en 24 heures, n'excède pas 2 kil., qui réduits en vapeur, emportent la chaleur de prè de 12 kil. d'eau à l'ébullition; et il se form dans le poumon 777 grammes de vapeurs qu emportent la chaleur de 4,7 kil. d'eau à l'ébullition. Reste donc pour les pertes de chaleu que fait le corps, de quoi élever 12 kil. d'eau de 0 à l'ébullition.

## CHAPITRE II.

### DES MODIFICATIONS DE LA CHALEUR.

### *De la Chaleur libre et du Thermomètre.*

4. Tous les corps en général, tant

qu'ils ne passent pas d'un état à l'autre, augmentent de volume par une augmentation de température. La dilatation des gaz est uniforme et égale, pour chaque degré du thermomètre; mais elle suit une loi plus compliquée pour les solides et les liquides (I, 42, 178 et 25).

Quand la chaleur n'a pour effet que de faire varier les températures et les dimensions des corps, on lui donne le nom de chaleur *libre* ou *sensible*.

Ex. Des boules ou des barreaux métalliques, étant échauffés, ne peuvent plus entrer dans des ouvertures où ils s'ajustaient d'abord. Une bouteille à gouleau étroit, étant remplie de liquide et échauffée peu à peu, le liquide finit par se répandre par-dessus les bords. Une vessie, à peu près remplie d'air froid, se gonfle quand on la présente au feu.

5. Les dilations et les contractions des

corps, par des changemens subits de température, présentent de nombreux inconvéniens.

Ex. Des barreaux de fer, scellés par leurs extrémités dans des murailles, ou unis ensemble pour former des grilles, peuvent se courber ou endommager la maçonnerie, par des changemens de température. Les verres, les porcelaines, les faïences peuvent se briser, si on les plonge subitement dans un liquide d'une température trop différente de la leur.

6. Les dilatations et les contractions des corps peuvent être utilisées dans les arts.

Ex. Le pendule compensateur, inventé en même temps, en 1738, par *J. Leroi* et *Ellicor*. On a employé la dilation de barreaux de fer, pour imprimer des médailles; et leur contraction, pour rapprocher des pans de murailles. On est parvenu à porter facilement de l'eau chaude dans les parties supérieures d'un bâtiment, en

la dilatant inférieurement par la chaleur et en la faisant monter, en vertu de sa pesanteur spécifique, à travers des tuyaux remplis d'une eau moins chaude. Les ventilateurs sont construits d'après les mêmes principes (I,298).

7. Pour estimer l'intensité de la chaleur libre, on a imaginé différens instrumens, fondés sur la propriété qu'ont les corps de pouvoir se dilater ou se contracter.

On a employé les corps solides, fluides ou fluides aériformes, selon qu'on avait à apprécier des degrés de chaleur très-élevés, médiocres ou faibles.

Ex. Le pyromètre de *Wedgwood*, les pyromètres métalliques, ceux fondés sur la loi de la propagation de la chaleur, etc. Les thermomètres solides de *Breguet*, les différens thermomètres liquides de *Réaumur*, *Deluc*, *Celsius*, *Fahrenheit*, *Delisle*, etc.; le thermomètre à air d'*Amontons*, le thermomètre différentiel de *Leslie* et le thermoscope de *Rumford*.

Le thermomètre de *Réaumur* ne diffère de celui de *Deluc* que parce qu'on emploie, pour ce dernier, le mercure; et, pour le premier, l'esprit-de-vin. Leurs échelles sont partagées en 80 parties égales depuis le terme de la glace fondante, où se trouve le zéro, jusqu'à celui de l'ébullition sous la pression barométrique de $0^{m},76$.

Le thermomètre centigrade, ou de *Celsius*, est le même que celui de *Deluc*, seulement l'échelle est partagés en 100 parties égales.

L'échelle du thermomètre de *Fahrenheit* présente 212 degrés : le 32e correspond au zéro des échelles précédentes; de sorte que l'on compte ici 180 degrés, depuis la glace fondante jusqu'à l'ébullition. Le zéro de ce thermomètre s'obtient d'une manière artificielle.

Dans le thermomètre de *Delisle*, le zéro indique le point de l'ébullition : les degrés inférieurs sont des 10,000mes de la capacité de la boule et du tube. Notre zéro correspond au 150e degré de cette échelle descendante.

On trouvera dans le tableau suivant, les valeurs relatives des degrés de ces différentes échelles :

| Réaumur. | Celse. | Fahrenheit | Delisle. |
|---|---|---|---|
| 1°,00 . . . . | 1°,25 . . . | 2°,25 . . . . | 1°,87 |
| 0,80 . . . . | 1,00 . . . | 1,80 . . . . | 1,50 |
| 0,44 . . . . | 0,56 . . . | 1,00 . . . . | 0,83 |
| 0,53 . . . . | 0,67 . . . | 1,20 . . . . | 1,00 |

L'invention du thermomètre date de la fin du 16e siècle ; on l'attribue à *Drebbel* et à *Galilée*. *Newton*, en 1701, prit, pour points fondamentaux, ceux de la congélation et de l'ébullition.

8. Pour qu'un thermomètre puisse être utile, il faut : 1° que son tube soit parfaitement cylindrique, afin qu'en le divisant en parties égales, chaque division ait la même capacité ; 2° que le mercure soit parfaitement purifié ; 3° que l'échelle soit graduée avec soin et placée de manière que ses limites correspondent bien aux points *fondamentaux* de l'instrument.

Obs. Quand le tube n'est pas exactement cylindrique, M. *Gay-Lussac* a indiqué un procédé

liquide, ou un liquide à l'état aériforme une grande quantité de chaleur se trouve absorbée et n'a plus d'influence pour élever la température.

La chaleur additionnelle qui produit le changement d'état des corps et qui n'est point sensible au thermomètre, s'nomme chaleur *latente* ou *calorique combiné*.

Ex. Un thermomètre, plongé dans de la neige fondante, continuera à marquer zéro tant qu'il restera une parcelle de neige à fondre : ce même thermomètre, plongé dans l'eau bouillante, continuera à marquer 100 degrés pendant tout le temps de l'ébullition. Le docteur *Black* a fait voir qu'en mêlant ensemble 1 livre d'eau à 75° et 1 livre de glace à 0°, on obtient deux livres de liquide à 0°. Qu'on mette dans un vase un poids déterminé de glace à 0° ; et dans un autre vase, un égal poids d'eau à la même température : qu'on place les deux vases près d'un foyer, quand l'eau sera à 75°, la glace sera totalement fondue.

11. Le degré de chaleur nécessaire pour opérer la fusion, n'est pas le même pour tous les corps, et paraît dépendre de la force de cohésion qui unit leurs molécules.

Ex. Voici un tableau des points de fusion des principales substances, rapportés au thermomètre centigrade :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Mercure | | | — 39° | |
| Glace | | | 0 | |
| Huile d'olive | | | + 10 | |
| Graisse de porc | | | 27 | |
| Suif | | | 33 | Thomson. |
| Phosphore | | | 40 | |
| Cire | | | 68 | |
| Soufre | | | 103 | Thomson. |
| Étain | | | 210 | |
| Plomb | | | 322 | |
| Zinc | | | 360 | Sir H. Davy. |
| Cuivre | 27° | Wedgwood | 2530 | |
| Argent | 28 | | 2602 | |
| Or | 32 | | 2894 | |
| Fer | 130 | | 9970 | |

Quelques corps, tels que le platine, ne sont fusibles que par les feux les plus violens.

12. Pendant la fusion d'un corps solide, il se produit généralement un abaissement de température dans les corps environnans.

Ex. la température s'abaisse pendant qu'un sel se dissout dans l'eau ou pendant qu'un morceau de glace fond dans la main.

13. Pendant le passage d'un liquide à l'état solide, il se produit généralement une élévation de température dans les corps environnans.

Ex. Les métaux fondus, en passant à l'état solide, échauffent considérablement les vases dans lesquels on les verse; il en est de même des graisses, etc.

14. Quelques corps, en passant de l'état solide à l'état liquide, éprouvent une augmentation de volume; ce qui semble tenir à l'arrangement parti-

culier que prennent leurs molécules.

Ex. Le fer, le bismuth, l'antimoine, le bronze, etc. Une bouteille remplie d'eau qui se congèle, finit par éclater. La glace, en vertu de sa pesanteur spécifique, moindre que celle de l'eau, peut flotter sur ce liquide. L'eau paraît atteindre son maximum de densité entre 4 et 5 degrés du thermomètre centigrade (8). Voici les résultats de deux séries d'expériences, dont les premières ont été faites par M. *Hallstrom*.

| | Volume d'eau. | Volume d'eau. |
|---|---|---|
| 0° | 1,0000000 | 1,0000000 |
| 1 | 0,9998592 | 0,9999536 |
| 2 | . . . 7727 | 9202 |
| 3 | . . . 7300 | 8996 |
| 4 | . . . 7132 | 8918 |
| 5 | . . . 7182 | 8968 |
| 6 | . . . 7324 | 9144 |
| 7 | . . . 7764 | 9445 |
| 8 | . . . 8210 | 9872 |
| 9 | . . . 8620 | 1,0000421 |
| 10 | . . . 9314 | 1,0001094 |
| 11 | 1,0000012 | 1688 |
| 12 | 1,0000720 | 2864 |
| 13 | 1,0001539 | 3841 |

| Volume d'eau. | | Volume d'eau. |
|---|---|---|
| 14 | 2450 | 4997 |
| 15 | 3330 | 6273 |
| 16 | 4287 | 7666 |
| 17 | 5282 | 9176 |
| 18 | 6370 | 1,0010805 |

Dans la 2e série d'expériences, le maximum de densité a lieu à 4°,1 et vaut 0,99989177. (*Journal des Mines*, 1826). On pourra voir plus loin les nouveaux résultats obtenus par M. Despretz sur la densité de l'eau douce et de l'eau de mer.

15. Quelquefois des corps restent à l'état liquide, au-dessous du terme ordinaire de congélation.

Ex. *Blagden* parvint à abaisser la température de l'eau jusqu'à 12° cent. environ, au-dessous de zéro, avant que la congélation eût lieu. Les mouvemens vibratoires facilitent la formation de centres de cristallisation. L'eau distillée et purgée d'air convient mieux pour ces sortes d'expériences, que les eaux qui tiennent des substances hétérogènes en dissolution.

16. En général les corps solides qui sont susceptibles de passer à l'état de vapeur, commencent par devenir liquides, avant de se vaporiser.

Obs. L'arsenic passe sur-le-champ à l'état gazeux ; il est conséquemment plus volatil que fusible. On se rappellera la distinction que nous avons faite des *gaz permanens*, et des *gaz non permanens* ou *vapeurs* (I,254).

17. Les liquides se réduisent en vapeurs de deux manières : tantôt lentement et sans aucune agitation intérieure, quand on les abandonne à eux-mêmes ; tantôt rapidement et avec une grande agitation, quand on les expose à la chaleur d'un foyer. Le premier mode d'évaporation se nomme *évaporation spontanée* ou *vaporisation*, et le second prend le nom d'*ébullition*.

Obs. Nous parlerons plus loin de l'évapora-

tion. (ch. 3) Nous donnerons ici un tableau des températures auxquelles les liquides entrent en ébullition, sous la pression atmosphérique de $0^m,76$ :

| | |
|---|---|
| L'éther. . . . . | 36° centig. |
| Le sulfure de carbone . . . . | 46 |
| L'alcohol . . . . . | 78 |
| L'eau . . . . . | 100 |
| Dissolution saturée de sel marin. | 107 |
| L'huile de térébenthine rectifiée. | 157 |
| Le phrosphore . . . . . | 290 |
| Le soufre . . . . . | 299 |
| L'huile de lin. . . . . | 316 |
| L'acide sulfurique . . . . . | 318 |
| Le mercure . . . . . | 347 |

On voit qu'il existe assez de rapport entre la pesanteur spécifique et le terme où commence l'ébullition des liquides. La présence d'une matière étrangère a beaucoup d'influence sur le degré de volatilité d'un liquide. Ainsi l'eau, chargée de sel ou de gravier, ne bout qu'à des températures plus élevées que 100°.

18. Dès qu'un liquide commence à bouillir, sa température ne varie plus

pendant tout le temps que dure l'ébullition; il en est de même pour un corps solide qui passe à l'état liquide.

Ex. Cette observation a déjà été faite plus haut (10), pour la glace qui fond et pour l'eau qui passe à l'état de vapeur.

19. Selon la pression plus ou moins grande de l'atmosphère, l'ébullition des liquides est plus ou moins rapide, puisqu'il suffit que la vapeur ait la même élasticité que le fluide environnant.

Ex. Dans le vide, l'ébullition se fait, pour

| | | |
|---|---|---|
| L'éther . . . . . | à | 0° centig. |
| L'alcohol . . . . . | | 9 |
| L'eau . . . . . | | 31 |

Le bouillant de *Franklin* montre fort bien la propriété précédente. Sous le récipient d'une machine pneumatique, l'eau commence à bouillir à une température de 31°; et l'éther, quand on débouche le flacon qui le contient, s'élance presque instantanément sous forme de vapeurs.

D'après les expériences de M. *Robison*, il p raîtrait que, dans le vide, les liquides entre en ébullition à 69° au-dessous du terme commence l'ébullition sous la pression atm phérique de $0^m,76$. En augmentant la pressi de l'air, on retarde le terme de l'ébullitio comme dans la marmite de *Papin*.

M. *R.-P. Wollaston* a remarqué que 1 de de variation dans la température de l'ébulliti de l'eau pure correspond à $0^m,027$ de variati dans la hauteur du baromètre. Le thermomè pourrait donc remplacer le baromètre pour mesure des hauteurs, si l'on ne tenait pas à u grande exactitude.

20. Pendant qu'un liquide passe à l tat de vapeur, il se produit un abai sement de température dans les cor environnans.

Ex. Le froid que l'on éprouve en sortant d' bain ; l'abaissement de température qu'épro un thermomètre qui a été plongé dans un quide facilement évaporable, tel que l'éth les *alcarazas*, ou vases poreux dont se serv

les Espagnols pour rafraîchir l'eau ; l'expérience de *Leslie* pour la congélation de l'eau dans le vide.

21. Pendant qu'un fluide aériforme passe à l'état liquide, il se produit une élévation de température dans les corps environnans.

Ex. En faisant passer 1 livre de vapeur à 100° cent., à travers 5 livres et un quart d'eau à 0°, on obtient 6 livres et un quart d'eau à 100°. On s'est servi de cette observation pour échauffer par la vapeur l'eau des bains, l'intérieur des maisons, des ateliers, etc. Voici les principaux résultats obtenus sur la chaleur latente de la vapeur d'eau :

| | |
|---|---|
| *Watt* (1781) . . . . . | 510 centig. |
| *Southern* (1803) . . . . . | 507,22 |
| *Lavoisier* . . . . . | 537,77 |
| *Rumford*. . . . . | 560,44 |
| Le docteur *Ure* (1818) . . . . | 519,44 |
| Moyenne. . | 526,94 |

M. *Clément Désormes* est parvenu à peu

près aux mêmes résultats. Voici quelq
leurs obtenues par le docteur *Ure* pou
tres substances :

| Fluides élast. provenant de | Pesanteurs spécifiques. | Chal. laten Degrés c |
|---|---|---|
| Vinaigre . . . . | 1,007 . . | 468,33 |
| Ammoniaque liq. . | 0,978 . . | 447,33 |
| Acide nitrique . . | 1,494 . . | 277,72 |
| Alcohol. . . . . | 0,825 . . | 227,77 |
| Éther sulfurique (ébull. 44°,44) de 150 à 298 | | |
| Pétrole . . . . . | | 8 |
| Huile de térébenthine . . . . . | | 8 |

22. Quand on fait occuper à un gaz volume plus grand que celui qu'il oc pait d'abord, ce gaz prend aux co environnans de la chaleur qui devi latente, et si l'on diminue le volu qu'il occupait, il se dégage de la chale

Ex. Le briquet pneumatique ; les petits çons qui se forment quand on ouvre un pas à de l'air humide très-condensé, etc.

## *De la Chaleur rayonnante.*

23. La chaleur se propage de deux manières : soit par le *contact*, comme nous l'avons vu précédemment, soit sous forme de rayons qui, avec une vitesse instantanée, s'élancent, en ligne droite, à travers l'air sans modifier sa température, et même à travers le vide. Ce second mode de transmission se nomme chaleur *rayonnante*.

Ex. En plaçant la main devant la petite ouverture d'un poêle, on éprouve une chaleur qui ne peut provenir de l'air en contact, puisqu'un courant d'air extérieur se précipite continuellement dans la direction opposée à celle que suit la chaleur. Cette observation a été faite pour la première fois par *Schéele*.

24. L'intensité de la chaleur décroît en raison du carré de la distance.

Ex. Si l'on s'éloigne successivement à [illegible] 3, etc., mètres d'un foyer, les intensités [illegible] chaleur seront successivement 1, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{9}$, [illegible] L'expérience ne vérifie pas tout-à-fait ce principe.

25. La chaleur se réfléchit, comme le son, en faisant l'angle d'incidence égal à l'angle de réflexion.

Ex. Au moyen de deux miroirs sphériques concaves, placés en face l'un de l'autre, on peut fortement concentrer la chaleur en un même point, comme l'ont fait voir *Saussure* et *Pictet*. On prend, pour corps échauffant, des charbons ardens, un boulet rouge, une bouteille remplie d'eau bouillante, etc.; et pour corps soumis à l'expérience, un thermomètre, une boule de cire, de l'amadou qu'on enflamme, etc. Quelquefois on substitue au corps échauffant un morceau de glace.

26. La chaleur rayonne de la surface d'un corps, en raison directe de sa température.

Ex. Une surface à 40° de température rayonne bien plus de chaleur qu'une autre à 20°.

27. La chaleur rayonne d'un corps, en raison directe de l'étendue de sa surface.

Ex. Deux sphères de même température rayonnent des quantités de chaleur qui sont comme 2 est à 1, si leurs surfaces sont dans le même rapport.

28. La quantité de chaleur rayonnante, pour une même surface, est en raison directe du sinus de l'angle que forme la direction du point d'observation avec la surface. Ainsi le rayonnement est à son *maximum* perpendiculairement à la surface.

29. Le pouvoir rayonnant est le même pour deux corps qui ont des surfaces de même nature et d'une température égale, quelle que soit la substance qui

se trouve à l'intérieur de ces corps.

Ex. Un vase cylindrique de cuivre plein d'eau, et un cylindre solide de cuivre, à la même température, rayonnent la même quantité de chaleur. La nature de ce qui se trouve à l'intérieur du corps n'a d'influence que pour faciliter la transmission de la chaleur vers la surface.

30. Le pouvoir rayonnant est plus grand dans un corps dont la surface est terne, que dans un autre de même nature dont la surface est brillante.

Ex. Qu'on prenne un vase cubique métallique dont deux faces soient polies et deux autres couvertes de noir de fumée; ces deux dernières faces rayonneront à peu près huit fois autant de chaleur que les deux autres, quand on remplira le vase d'eau bouillante. Ceci explique comment les vases d'argent conservent les mets plus long-temps chauds que les vases de terre enduits d'une couleur brune ou noire. Si deux vases cylindriques de fer-blanc sont remplis

d'eau bouillante, le refroidissement se fera en temps égal; mais il n'en sera plus de même, si on enveloppe l'un de papier noir.

Voici un tableau des pouvoirs rayonnans de plusieurs substances :

| | |
|---|---|
| Noir de fumée . . . . . | 100° centig. |
| Eau . . . . . | 100 |
| Papier à écrire . . . . . | 98 |
| Crown glass . . . . . | 90 |
| Encre de Chine . . . . . | 88 |
| Eau glacée . . . . . | 85 |
| Mercure . . . . . | 20 |
| Plomb brillant . . . . . | 19 |
| Fer poli . . . . . | 15 |
| Étain, argent, cuivre etc. . . | 12 |

Quand on fait des raies parallèles sur une face métallique, le pouvoir rayonnant augmente; et il augmente plus encore, si les raies se croisent en tous sens.

31. Le rayonnement ne se fait pas seulement à la surface extérieure des corps, mais encore à une profondeur à la vérité très-petite.

Ex. En mettant une couche légèr
leur sur une face métallique, on aug
pouvoir rayonnant ; l'augmentation
grande encore en mettant une sec
troisième et une quatrième couche.
mentation a cependant une limite,
couches successives commencent à
certaine épaisseur.

32. Deux corps également po
de nature différente, n'ont pas
pouvoir rayonnant.

33. Dans les corps de même
le pouvoir *absorbant* et le pouvo
*nant* suivent la même loi ; c'e
que les corps qui rayonnent le
cilement la chaleur sont aussi
l'absorbent le mieux.

De plus, le pouvoir *réfléch*
en raison inverse du pouvoir *ra*
c'est-à-dire que les corps qui r
le mieux sont ceux qui réflécl
moins.

Ex. Des morceaux de drap de différentes couleurs étant déposés sur la neige, la fusion s'opèrera plus facilement sous le noir que sous le blanc. Un habit noir est chaud au soleil et froid à l'ombre. Ces propriétés sont fort utiles pour les arts et pour le jardinage, afin de diminuer, de modérer, ou d'augmenter la chaleur.

Voici un tableau qui montre le pouvoir réfléchissant de différentes substances (30) :

| | |
|---|---|
| Cuivre jaune | 100 |
| Argent | 90 |
| Étain en feuilles | 80 |
| Acier | 70 |
| Plomb | 60 |
| Verre | 10 |
| Verre huilé | 5 |
| Noir de fumée | 0 |

34. La chaleur rayonnante se propage à travers les substances diaphanes, lors même qu'elle émane des corps non lumineux, pourvu que leur température soit en général plus élevée que celle de l'eau bouillante.

Obs. M. *Delaroche* a observé que la pro
tion se fait d'autant plus facilement que la
pérature du corps rayonnant s'approche
de celle où il commence à se produire de l
mière.

35. Quand la chaleur rayonnante
nètre obliquement dans une subst
diaphane, elle est déviée de sa direc
primitive, et le sinus de l'angle d
*fraction* est au sinus de l'angle d'
dence dans un rapport constant.

Ex. Au moyen d'un verre lenticulaire
peut concentrer la chaleur rayonnante du
de manière à produire l'inflammation de l
dou, du papier, etc. Si l'on ne produit p
effets aussi actifs avec le feu de nos fo
c'est que le centre d'émanation n'a pas
d'activité.

36. Si l'on considère l'épaisseu
écrans que traverse la chaleur ra
nante, on trouve que les pertes

nuent avec une grande rapidité à mesure que l'épaisseur augmente d'une quantité constante. La même quantité de chaleur est arrêtée à la surface de tous les écrans de même nature et d'une épaisseur quelconque, et les différences de transmission obtenues dans les lames épaisses tiennent à la résistance intérieure que le milieu présente au rayonnement calorifique, résistance d'autant plus énergique que les rayons proviennent d'une source à température moins élevée.

Obs. Ce résultat et le suivant sont dus aux observations de M. Melloni.

37. La faculté que possèdent les corps de se laisser traverser par la chaleur rayonnante n'a aucun rapport avec leur degré de transparence; et un corps peut être presque opaque, et livrer un pas-

sage très-aisé aux rayons de cha
peut être diaphane et intercept
grande partie de ces rayons. On
çoit aucune relation entre la facu
transmettre la chaleur et la form
mitive et secondaire des cristau
chaleur qui dilate inégalement les
taux suivant leurs différens axe
produit pas non plus dans les co
différence sensible de transmissio

Ex. De toutes les substances connues
gemme est celle qui transmet la chaleur
nante avec le plus de facilité ; c'est l
diathermane par excellence. Il opère
rayons calorifiques d'une origine quelc
comme les corps parfaitement diaphan
rent sur toute espèce de rayons lumineux.
au contraire, est une mauvaise substan
thermane

Obs. Nous aurons occasion de parler pl
de plusieurs rapports frappans qui e
entre la chaleur rayonnante et la lu
quand nous traiterons de la *polarisation*

## CHAPITRE III.

### DES LOIS DE LA PROPAGATION DE LA CHALEUR ET DE CELLES DU REFROIDISSEMENT.

### *De la Propagation de la Chaleur.*

38. Si l'on met l'extrémité d'une barre métallique en communication avec une source constante de chaleur, et si l'on attend que l'état thermométrique de la barre soit devenu stationnaire, on trouve que, les distances de ses différens points au foyer de chaleur étant en progression arithmétique, les excès de leurs températures sur celle de l'air forment une progression géométrique.

Obs. Le décroissement de température est très-rapide; on pourrait fondre, par une extrémité, une barre de fer un peu longue, qu'on n'échaufferait pas d'un degré sa température à l'autre extrémité.

39. Plus la barre échauffée est mince, plus le décroissement de température est rapide, et les points qui sont à la même température, sur deux barres de même substance et d'épaisseur différente, ont leurs distances au foyer comme les racines carrées des épaisseurs.

Ex. Si une barre était réduite à $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{16}$, etc., de son épaisseur, un point qui était à 60° de température, par exemple, se rapprocherait du foyer de manière que sa distance serait $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, etc., de ce qu'elle était d'abord. Ainsi un fil de fer s'échauffe peu à quelques pouces d'un foyer ardent dans lequel il plonge par une extrémité.

40. Tous les corps ne sont pas également bons *conducteurs* de la chaleur.

On trouvera ici différentes substances avec les nombres proportionnels à la propriété conductrice de la chaleur.

| | |
|---|---|
| Or | 2004 |
| Argent | 1950 |
| Cuivre | 1800 |
| Fer | 750 |
| Zinc | 729 |
| Étain | 609 |
| Plomb | 360 |
| Marbre | 47 |
| Porcelaine | 24,5 |
| Terre de fourneaux | 22,77 |

On range, parmi les mauvais conducteurs, les oxides, les pierres, le verre, la laine, le charbon, la porcelaine, les terres et surtout les bois. *Ingenhouz* estimait la conductibilité, en recouvrant de cire de petits cylindres égaux de différentes substances métalliques, et en les plongeant tous ensemble, un instant et à une même profondeur, dans de l'eau bouillante.

Un habit de laine transmet difficilement la chaleur du corps en hiver, et laisse difficilement pénétrer la chaleur du soleil, en été. Un poêle de fonte chauffe mieux qu'un poêle de fayence. En plongeant la main dans du mercure, on éprouve du froid : on a, au contraire, la sensation de la chaleur, en touchant la monnaie que

l'on a en poche, ou le fer exposé aux rayon
soleil ; le bois ne produit pas le même eff

Une boule de mercure congelé, placée
la main, cause un sentiment de brûlure et
inflammation, résultats d'une grande qua
de chaleur qui se précipite de toutes parts
un point si fortement refroidi. On s'éch
aussi les mains en les frottant avec de la n

41. Les fluides, et surtout les flu
aériformes, sont de mauvais cond
teurs.

Ex. L'eau échauffée à sa partie supéri
dans un vase, dans les rivières, les mers,
transmet difficilement la chaleur aux cou
inférieures. *Rumfort* a montré le peu de
ductibilité des gaz par des expériences
curieuses.

Quant à la chaleur rayonnante, elle tra
l'air et les autres gaz, sans les échauffer. M.
*nel* fonde sur cette propriété son explicatio
l'ascension des nuages.

## *Du Refroidissement.*

42. Quand un corps se refroidit

faut avoir égard aux pertes occasionnées par le *rayonnement*, et à celles qui ont lieu par le *contact de l'air*.

Obs. Les lois si compliquées du refroidissement ont été étudiées avec le plus grand soin par MM. *Dulong* et *Petit*. Nous ne croyons pouvoir mieux faire que de donner le résultat de leur beau travail (*Ann. de Chimie.*)

43. Si l'on pouvait observer le refroidissement d'un corps placé dans un espace vide, terminé par une enceinte absolument dépourvue de chaleur ou privée de la faculté de rayonner, les vitesses de refroidissement décroîtraient en progression géométrique, lorsque les températures diminueraient en progression arithmétique.

* 44. Pour une même température de l'enceinte vide dans laquelle un corps est placé, ses vitesses de refroidisse-

ment, pour des excès de température en progression arithmétique, décroissent comme les termes d'une progression géométrique diminués d'un nombre constant. Le rapport de cette progression géométrique est le même pour tous les corps, et égal à 1,0077.

*45. La vitesse de refroidissement dans le vide, pour un même excès de température, croît en progression géométrique, la température de l'enceinte croissant en progression arithmétique. Le rapport de la progression est encore 1,0077 pour tous les corps.

46. La vitesse de refroidissement due au seul contact d'un gaz est entièrement indépendante de la nature de la surface des corps.

*47. La vitesse de refroidissement due au seul contact d'un fluide, varie en progression géométrique, l'excès de

température variant lui-même en progression géométrique. Si le rapport de cette seconde progression est 2, celui de la première est 2,35, quelles que soient la nature du gaz et sa force élastique. Cette loi peut encore s'énoncer en disant que la quantité de la chaleur enlevée par un gaz est, dans tous les cas, proportionnelle à l'excès de température du corps élevé à la puissance 1,233.

* 48. Le pouvoir refroidissant d'un fluide diminue en progression géométrique lorsque sa tension diminue elle-même en progression géométrique. Si le rapport de cette seconde progression est 2, le rapport de la première est 1,366 pour l'air, 1,301 pour l'hydrogène, 1,431 pour l'acide carbonique, 1,415 pour le gaz oléfiant.

On peut encore présenter cette loi de la manière suivante :

Le pouvoir refroidissant d'un gaz es
toutes choses égales d'ailleurs, propo
tionnel à une certaine puissance de
pression. L'exposant de cette puissanc
qui dépend de la nature du gaz est 0,4
pour l'air, 0,315 pour l'hydrogène, 0,51
pour l'acide carbonique, 0,501 pour
gaz oléfiant.

49. Le pouvoir refroidissant d'un ga
varie avec sa température, de telle ma
nière que si ce gaz peut se dilater
qu'il conserve toujours la même forc
élastique, le pouvoir refroidissant
trouvera autant diminué par la raréfa
tion du gaz qu'il est augmenté par so
échauffement; en sorte qu'il ne dépen
en définitive que de sa tension.

Obs. On voit, par l'énoncé de chacune de c
propositions, que la loi totale du refroidiss
ment qui se compose de toutes les lois pr
cédentes, doit être très-compliquée : aus

n'essayons-nous pas de la traduire en langage ordinaire. Nous nous contenterons de remarquer que c'est sans doute à l'extrême complication de cette loi qu'il faut attribuer le peu de succès des tentatives qui avaient été faites jusqu'à ce jour pour la découvrir. On ne pouvait évidemment y parvenir qu'en étudiant à part chacune des causes qui contribuent à l'effet total.

## *De la Chaleur spécifique.*

50. Les différens corps de la nature, pris sous une même masse, exigent des quantités de chaleur inégales pour élever leur température d'un même nombre de degrés. Ces quantités constituent les *chaleurs spécifiques* des corps, ou leurs *capacités* pour la chaleur.

Ex. Une livre d'eau à 0° étant mêlée à 1 livre de fer à 11° centigr., le mélange ne marque qu'un degré, une livre d'eau à 34° et une livre de mercure à 0° donnent un mélange de 33°. Il est impossible de déterminer la valeur abso-

lue de la chaleur contenue dans les corps, se contente d'apprécier leur valeur relativ On emploie à cet effet trois méthodes prin pales : 1° celle des *mélanges*, que nous veno d'indiquer et qui paraît due au physicien *Cra ford ;* 2° celle du *calorimètre*, due à MM. *Lav sier* et *Laplace*, et qui est fondée sur ce qu' poids déterminé de glace à 0° exige pour fondre la quantité de chaleur qui élève un p reil poids d'eau de 0° à 75° centigr. ; 3° ce du *refroidissement*, fondée sur l'observation temps qu'emploient les corps pour se refroi quand on les place dans les mêmes circo stances physiques.

On trouvera dans le tableau suivant les cl leurs spécifiques de différens corps, estimé d'après les deux méthodes :

| | Du calorim. | Du refro |
|---|---|---|
| Eau | 1,0000 | 1,00 |
| Soufre | 0,2085 | 0,18 |
| Fer battu | 0,1105 | 0,11 |
| Étain | 0,0475 | 0,05 |
| Plomb | 0,0282 | 0,02 |
| Mercure | 0,0290 | 0,03 |
| Ox.-rouge de mercure | 0,0501 | » |

| | Du calorim. | Du refroid. |
|---|---|---|
| Minium | 0,0623. | » |
| Chaux-vive | 0,2169. | » |
| Verre sans plomb | 0,1929. | 0,19 |
| Acide nitrique 0,3. | 0,6614. | 0,66 |
| — sulfurique 1,87. | 0,3346. | 0,35 |
| Huile d'olive | 0,3096. | 0,50 |
| Alcohol. | » | 0,70 |

51. On a cru reconnaître que les chaleurs spécifiques ne sont pas les mêmes à toutes les températures.

Ex. Selon MM. *Dulong*, *Petit*, *Dalton*, etc., il paraît que la capacité pour la chaleur augmente avec l'élévation de température, comme on peut le voir d'ailleurs par le tableau suivant :

| | Capacités moy. entre 1° et 100°. | Capacités moy. entre 0° et 300°. |
|---|---|---|
| Mercure | 0,0330. | 0,0350 |
| Zinc | 0,0927. | 0,1015 |
| Antimoine | 0,0507. | 0,0547 |
| Argent | 0,0557. | 0,0611 |
| Cuivre | 0,0940. | 0,1013 |
| Platine. | 0,0335. | 0,0355 |
| Verre | 0,1770. | 0,1900 |

52. On a estimé les chaleurs spécifiques des fluides aériformes, en tenant compte de la quantité qu'il faut employer de chacun d'eux pour élever l'eau à une température donnée.

Ex. MM. *Delaroche* et *Bérard* ont trouvé de cette manière les valeurs suivantes :

| | |
|---|---|
| Eau | 1,0000 |
| Hydrogène | 3,2936 |
| Vapeur aqueuse | 0,8470 |
| Azote | 0,2754 |
| Air | 0,2669 |
| Oxygène | 0,2361 |
| Acide carbonique | 0,2210 |

* 53. Le produit de la chaleur spécifique d'un corps simple par le poids de son atome, donne un nombre constant dont la valeur est à peu près 0,375.

Obs. Cette remarque importante a été faite par MM. *Dulong* et *Petit*. Il faut admettre ici

la théorie *atomistique* qui considère les corps comme des composés de molécules infiniment petites, et dont les formes et les propriétés particulières constituent la nature chimique des corps. Quand deux substances se combinent entre elles, on regarde le nouveau produit comme provenant de l'union d'un certain nombre de molécules de l'une des substances avec un certain nombre de molécules de l'autre ; ces deux nombres pouvant être égaux ou différens, mais invariables dans toutes les parties de la même combinaison. Les proportions de molécules ou d'*atomes* qui se présentent le plus fréquemment sont les plus simples, telles que 1 et 2, 1 et 3, 1 et 4, 2 et 3, 3 et 4, etc.

Si la loi précédente, vérifiée par un grand nombre d'expériences, était effectivement celle de la nature, on pourrait, par la connaissance de la chaleur spécifique des corps, déterminer le poids de leur atome et réciproquement.

## *De l'Équilibre de Température.*

54. On peut considérer un corps quel-

conque comme rayonnant la chal
toute température, mais en qu
inégale, selon sa nature et l'état
surface. (27 et suiv.)

Ex. La glace qui est si froide à 0°, de
drait échauffante si on la transportait da
lieu où la température fût à 10° ou 20° au
sous de zéro.

55. Quand plusieurs corps s'infl
cent les uns les autres par leur ra
nement mutuel, les quantités de cha
qu'ils s'envoient tendent continu
ment vers l'égalité : ce dernier état
stitue l'*équilibre* de température.

Obs. C'est au professeur *Prévost* de Genèv
l'on doit l'ingénieuse idée de ce principe
a été employé depuis d'une manière fort h
par M. *Wells* dans l'explication du phéno
de la rosée, comme nous le verrons plus

56. Dans l'état déquilibre, cha

corps émet autant de chaleur rayonnante qu'il en reçoit en temps égal.

57. Il faut considérer, dans un corps, trois choses : son pouvoir *rayonnant*, son pouvoir *absorbant* et son pouvoir *réfléchissant*.

Le pouvoir rayonnant est *directement* proportionnel au pouvoir absorbant.

Le pouvoir rayonnant est *inversement* proportionnel au pouvoir réfléchissant (33).

Ex. Un corps métallique, parfaitement poli, rayonne et absorbe fort peu de chaleur, mais il la réfléchit en abondance ; le contraire a lieu pour un corps dont la surface est terne. Nous croyons devoir rappeler ce principe, pour y insister davantage

Si 100 rayons de chaleur sont lancés vers une surface métallique polie, d'argent par exemple, 90 seront réfléchis et 10 absorbés : dans l'état d'équilibre de température, la même surface en émettra aussi 10 dans le même

temps. Si l'on couvre alors la surface métallique d'un verre, sur les 100 rayons il n'y en aura plus que 10 de réfléchis et les 90 autres seront absorbés, mais aussi la surface en question émettra 90 rayons pendant le même temps.

## CHAPITRE IV.

### DES VAPEURS ET DE LEURS MÉLANGES AVEC LES GAZ.

#### *De la Formation des Vapeurs soit par l'ébullition, soit par l'évaporation.*

58. Le phénomène de l'*ébullition* dépend de la nature et de la température du corps soumis à l'expérience, ainsi que de la pression de l'air extérieur (17, 18 et 19). L'*évaporation* se fait à toutes les températures et sous toutes les pressions atmosphériques, à la vérité d'une manière plus ou moins abondante.

Ex. On observe que l'eau, même à l'état de glace, subit une évaporation. Tous les corps ne s'évaporent pas avec la même facilité : l'éther, l'alcohol se mettent rapidement à l'état de vapeur ; il n'en est pas de même des huiles grasses. On a montré l'évaporation du mercure en suspendant au-dessus de ce liquide, dans une bouteille fermée, des feuilles d'or très-minces et en les laissant dans cet état pendant plusieurs mois.

59. Ce qui distingue encore l'évaporation de l'ébullition, c'est que, pendant le premier phénomène, le liquide qui se gazéifie peut changer de température ; ce qui n'a pas lieu pendant le second.

Ex. L'eau bout à 100° centigrades et pendant tout le temps de l'ébullition sa température ne varie plus, quelle que soit l'intensité de la chaleur, pourvu que la pression atmosphérique ne change pas (18) ; mais l'évaporation continue toujours à avoir lieu quelque température que l'on donne au liquide.

60. Dans un espace donné, il se développe toujours la même quantité de vapeur, que cet espace soit vide ou rempli d'un fluide aériforme d'une densité quelconque, pourvu que la température reste la même : ainsi le fluide aériforme n'exerce aucune pression sur la vapeur.

61. Dans le vide, la vapeur se développe presque instantanément, tandis que dans un milieu aériforme, le temps nécessaire pour son développement est plus ou moins long, d'après la densité du milieu qui se comporte comme un obstacle mécanique.

Ex. L'éther, sous le récipient d'une machine pneumatique, s'évapore instantanément : l'évaporation durerait quelque temps si le récipient était rempli d'air, surtout d'air condensé ; mais elle se ferait également.

62. A une température donnée, la quantité de vapeur est proportionnelle

à la grandeur de l'espace dans lequel elle se développe.

Ex. A 15° de température, il se développera sous un récipient, vide ou plein d'air, une certaine quantité de vapeurs qu'on pourra doubler, tripler, etc., en doublant, triplant, etc., la capacité du récipient où l'évaporation se fait. Si l'on diminue l'espace, on fera repasser à l'état liquide de la vapeur déjà formée.

63. L'espace restant le même, la quantité de vapeur qui s'y développe, croît en même temps que la température, et si la température vient à baisser, une partie de la vapeur repasse à l'état liquide.

Ex. Si l'on porte successivement à 10, 20, 30, etc., degrés de température, le liquide qui s'évapore et le milieu ambiant, l'évaporation augmente dans un rapport plus grand; et il se développe plus de vapeur entre 30 et 20 degrés, qu'entre 20 et 10. Un milieu plus froid

rend visibles les vapeurs de l'eau bouillante et l'haleine de l'homme en hiver.

**64. Dans un espace indéfini, l'évaporation est également indéfinie.**

Ex. Si l'on remplit un vase d'un liquide quelconque et qu'on l'expose à l'air libre, l'évaporation fera baisser chaque jour le niveau.

**65. L'agitation de l'air favorise singulièrement l'évaporation.**

Ex. On souffle rapidement sur un liquide très-chaud pour le refroidir ; en mettant ainsi beaucoup d'air en contact avec le liquide, on lui enlève de sa chaleur. On remarquera qu'on s'échauffe aussi les mains de son haleine, pendant l'hiver ; mais alors on ne souffle point, et l'échauffement est produit par le contact de l'air qu'on exhale (3), en même temps que par la chaleur latente qui devient libre pendant qu'une petite quantité de vapeur repasse à l'état liquide (21). C'est ainsi qu'on peut *souffler en même temps le chaud et le froid.*

66. L'évaporation à l'air libre est d'autant plus abondante que le liquide présente plus de surface.

Ex. Il faut un temps assez long pour que quelques gouttes d'eau qui tombent sur une table s'évaporent : si l'on veut hâter l'évaporation, on n'a qu'à les étendre sur une plus grande surface.

L'expérience montre que 2,5 mètres carrés de surface d'eau en contact avec les parois d'une chaudière, exposée à l'action d'une chaleur ordinaire, produisent, par heure, environ 28 kilog. de vapeur; on trouve encore qu'il faut environ six fois autant de temps pour réduire un poids donné d'eau en vapeur, que pour porter le même poids de 10 à 100 degrés, terme de l'ébullition, avec le même appareil.

## *Des Forces élastiques des Vapeurs.*

67. Les vapeurs, comme les fluides aériformes, exercent continuellement

un effort pour se répandre dans u
grand espace (1,260). Cet eff
nomme *la force élastique*, le *res*
la *tension* de la vapeur.

Ex. Si l'on introduit, dans la partie vi
d'un baromètre, quelques gouttes d'é
vapeur qui se produira, abaissera le mer
même jusqu'au niveau de la cuvette
est à la température de 36° centigr. (1
On observe d'une manière assez curi
force élastique de la vapeur dans l'é
et dans le recul de ce petit instrument
on le rend mobile.

68. La vapeur qui se dégage pa
poration, d'un liquide donné,
température quelconque, ne diff
celle que donne l'ébullition que
force élastique moins grande.

Obs. MM. *Dalton, Gay-Lussac* et *Du*
proposé différens moyens ingénieux po
mer l'élasticité de la vapeur d'eau à

températures. Voici le tableau qui en donne la valeur de 10 en 10 degrés centigrades, d'après *Biot* et *Dalton*.

| Degrés. | Tension en millim. de merc. | Degrés. | Tension en millim. de merc. |
|---|---|---|---|
| —20. . . | 1,333 | 50 . . . | 88,74 |
| —10. . . | 2,631 | 60 . . . | 144,66 |
| 0. . . | 5,059 | 70 . . . | 229,07 |
| +10. . . | 9,475 | 80 . . . | 352,68 |
| 20. . . | 17,314 | 90 . . . | 525,28 |
| 30. . . | 30,643 | 100 . . . | 760,00 |
| 40. . . | 52,998 | | |

Nous ferons connaître ici les forces élastiques de la vapeur d'eau, depuis $0^m,76$ jusqu'à de hautes pressions, qui ont été calculées par M. *Dulong*.

| Nombre d'atmosphères. | Pressions en mètres de mercure. | Température de la vapeur. |
|---|---|---|
| 1 . . . . . | 0,76 . . . . . | 100° |
| 1,5 . . . . . | 1,14 . . . . . | 112,2 |
| 2 . . . . . | 1,52 . . . . . | 122 |
| 2,5 . . . . . | 1,90 . . . . . | 129 |
| 3 . . . . . | 2,28 . . . . . | 135 |
| 3,5 . . . . . | 2,66 . . . . . | 140,7 |
| 4 . . . . . | 3,04 . . . . . | 145,2 |

| Nombre d'atmosphères. | Pressions en mètres de mercure. | Température la vapeur. |
|---|---|---|
| 4,5 | 3,42 | 150 |
| 5 | 3,80 | 154 |
| 5,5 | 4,18 | 158 |
| 6 | 4,56 | 161,5 |
| 6,5 | 4,94 | 164,7 |
| 7 | 5,32 | 168 |
| 7,5 | 5,70 | 170,7 |
| 8 | 6,08 | 173 |

On connaît les résultats étonnans auxqu on est parvenu dans les arts, en employa pour force motrice, la force élastique de vapeur surtout à de hautes pressions. C'est ai qu'on a fait mouvoir les mécaniques, les va seaux, les chariots même, avec une gran économie de dépense.

Selon *Vauban*, une livre d'eau réduite en peur, peut produire un effort capable de s lever une masse de 550 livres, tandis qu'u livre de poudre ne pourrait soulever qu'en ron 210 liv. Une livre d'eau, au moment l'ébullition, se dilate, sous forme de vapeu au point d'occuper un espace 1700 fois p grand qu'à la température de 4 degrés (14).

69. On a cru remarquer que les forces élastiques de toutes les vapeurs sont les mêmes à égale distance des points d'ébullition des liquides qui les produisent.

Ex. Nous savons que l'ébullition a lieu, pour l'eau à 100°, pour l'éther à 36°, pour l'alcohol à 78° (17) : cela posé, ces trois liquides, à 20° au-dessous de ces températures de leur ébullition, auraient une force élastique égale à $352^{mm},68$; et à 22° au-dessus de ces mêmes termes, une force égale à $1^{m},52$, d'après les tableaux précédens. Cette observation, due à M. *Dalton*, serait précieuse si elle était rigoureusement exacte.

## *Des Densités des Vapeurs.*

70. Pour estimer les densités des vapeurs, on a cherché quel était le volume de vapeur que produisait un poids donné d'un liquide (263 T. I) à des températures et sous des pressions connues.

M. *Gay-Lussac* a déterminé de cette manière les densités des liquides suivans, à la température de 0° et sous la pression barométrique de $0^m,76$ :

| | | Poids d'un litre. |
|---|---|---|
| Air . . . . . | 1°,000 | 1gr.,299 |
| Vapeur d'eau . . . . . | 0,625 | 0,810 |
| — d'alcohol . . . . . | 1,613 | 2,096 |
| — d'éther sulfurique . . . | 2,586 | 3,360 |
| — de sulfure de carbone . | 2,645 | 3,430 |
| — d'essence de térébenthine. | 5,013 | 6,515 |

On a employé aussi la connaissance de la densité des vapeurs pour vérifier des analyses chimiques. Ainsi l'on avait trouvé que l'eau était un composé de 2 vol. d'hydrogène et de 1 vol d'oxygène (I, 173), or, 2 vol. d'hydrogène pèsent en grammes 0,1376 et 1 vol. d'oxygène pèse 1,1036 (I, 264); ce qui donne en somme 1,2412, nombre peu différent de 1,25 que donne le tableau précédent, pour 2 vol. de vapeur d'eau.

M. *De Saussure* pensait que les liquides les plus volatils donnaient les vapeurs les plus

denses; ce qui n'est pas d'accord avec les résultats précédens.

**71. Les densités des vapeurs sont proportionnelles aux pressions qu'elles supportent, ou bien à leurs forces élastiques, en ayant égard aux températures.**

Obs. Cette extension de la loi de *Mariotte* à la compression des vapeurs paraît due aux recherches de MM. *Despretz* et *Southern*.

**72. D'après les expériences modernes, il paraît que les vapeurs ainsi que les gaz, soumis à de fortes compressions, ne suivent plus la loi de la proportionnalité des densités aux forces élastiques.**

Ex. M. *Faraday* est parvenu à rendre liquides par de fortes pressions les gaz suivans :

| | Temp. | Pression. |
|---|---|---|
| Protoxide d'azote . . . . . | + 7°. | 50 atm. |
| Acide muriatique . . . . . | 10. | 40 |

| | Temp. | Pression. |
|---|---|---|
| Acide carbonique. . . . . | 0. . . | 36 |
| Hydrogène sulfuré . . . . . | 10. . . | 17 |
| Ammoniaque . . . . . | 10. . . | 6,5 |
| Chlore. . . . . | 15. . . | 4 |
| Cyanogène. . . . . | 7. . . | 3,7 |
| Acide sulfureux . . . . . | 7. . . | 3 |

La loi de *Mariotte* ne parait vraie qu'entre des limites assez étendues, comme de 0 à 10 atmosphères : L'air atmosphérique, le gaz hydrogène n'ont pas encore été liquifiés.

On doit à M *Cagniard de la Tour* des expériences intéressantes sur les effets que la chaleur et la compression réunies exercent sur les liquides. Voici l'indication des températures et des pressions sous lesquelles différentes substances se sont mises totalement à l'état de vapeur; ces espaces sont exprimés en nombres, en prenant pour unité l'espace occupé par le liquide.

| Substances. | Volume de la vapeur. | Température. | Pression. |
|---|---|---|---|
| Éther sulfurique . | 2. . . . | 200° cent. . | 37 atm. |
| L'alcohol . . . . . | 3. . . . | 259. . . . | 119 |
| L'eau . . . . . | 4. . . . | 360 environ. | |

## *Du Mélange des Gaz et des Vapeurs.*

73. Quand on réunit, dans un même vase, plusieurs gaz qui n'ont pas d'action les uns sur les autres, la force élastique du mélange est égale à la somme des forces élastiques de chaque gaz en particulier.

74. Quand on réunit, dans un même vase, un gaz et une vapeur qui n'ont pas d'action l'un sur l'autre, la force élastique du mélange est égale à celle de la vapeur ajoutée à celle du gaz, c'est-à-dire qu'une vapeur, en se mêlant à un gaz, conserve la tension qui lui est propre.

On doit à M. *Gay-Lussac* un appareil ingénieux pour mettre ce principe en évidence. Il faut observer qu'un mélange d'air et de vapeur d'eau se comporte, à la surface de la terre, autrement que sous un récipient : ainsi l'air mélangé

de vapeurs est plus léger que l'air atmosphérique ; il paraît, d'après *De Saussure*, que leurs pesanteurs spécifiques sont dans le rapport de 10 à 14, et d'après M. *Gay-Lussac* de 10 à 16 (70). Aussi, quand l'air est humide, le baromètre se tient généralement plus bas (I, 271).

## CHAPITRE V.

### DE L'HYGROMÉTRIE ET DES TEMPÉRATURES DU GLOBE.

### *De l'Hygrométrie.*

75. L'*hygrométrie* a pour but de rechercher quelles sont les différens degrés d'humidité de l'air. Les instrumens que l'on emploie à cet effet se nomment *hygromètres* ou *hygroscopes*, selon leur précision plus ou moins grande.

Obs. Les physiciens ne sont pas d'accord sur la manière de concevoir l'existence des vapeurs dans notre atmosphère ; les uns pensent

qu'elles s'y trouvent mélangées mécaniquement; les autres qu'elles y sont dissoutes, etc. Les principales théories ont été données par *Le Roy, Deluc, De Saussure, Monge, Dalton*, etc. On observera que l'air, loin d'être un dissolvant est un obstacle à l'évaporation (61).

76. L'air est toujours plus ou moins chargé de vapeurs, même lorsqu'il paraît le plus sec.

Ex. Si on remplit de glace un verre, l'humidité de l'air vient se déposer sur les parois; le même phénomène s'observe encore quand on place sur une table, en été, une carafe remplie d'eau fraîche ou une bouteille qui sort d'une cave un peu froide (63).

77. Tous les corps sont plus ou moins susceptibles d'attirer l'humidité de l'air: ceux qui jouissent de cette propriété au plus haut degré, se nomment *hygroscopiques*.

Ex. Les cordes, les cheveux, les plumes, le papier changent de dimension ; le verre, le chlorure de calcium, l'acide sulfurique, etc., augmentent de poids.

78. On peut, par des expériences directes, déterminer la quantité absolue de vapeur que contient l'air, quel que soit son degré de saturation.

Ex. On met l'air en contact avec un corps très-avide d'humidité, tel que le chlorure de calcium ou l'acide sulfurique, puis l'on estime le surcroît de pesanteur que ce corps a acquis.

79. Dans l'hygrométrie, on cherche moins à connaître la quantité absolue de vapeur que contient l'air, que son degré d'humidité.

Les principaux instrumens que l'on emploie à cet effet, sont l'hygromètre à cheveu de *Saussure* et l'hygromètre à baleine de *Deluc*. Les limites de l'échelle partagée en 100 parties

égales, sont l'extrême sécheresse et l'extrême humidité. La dilatatien des cheveux dégraissés et bien séchés est de $\frac{1}{50}$ entre les limites de l'échelle, et de $\frac{1}{200}$ seulement quand les cheveux n'ont pas été dégraissés.

Quand on ne veut que de simples indications, on peut employer les hygromètres à cordes de boyau qui font mouvoir de petites figures ou des aiguilles sur des cadrans, ceux formés avec une plume ou une vessie de rat, dans laquelle on met du mercure ; des feuilles de varecs et des cordes qui, en s'alongeant ou en se contractant, font mouvoir des indicateurs ; un vase de forme conique, plein de glace, suspendu, la pointe en bas; un thermomètre différentiel dont on recouvre une des boules d'un linge imprégné d'une liqueur volatile.

80. On a cherché s'il existait des rapports entre les divers degrés de l'hygromètre de *Saussure* et les quantités d'eau correspondantes que contient l'atmosphère ; mais, sans trouver de proportionnalité, on a remarqué que le cheveu

devenait moins sensible à l'humidité approchant du degré de saturation.

Ex. Voici les résultats qui viennent à l'ap de ce qui précède ; ils ont été obtenus à la t pérature de 10 degrés centigrades.

| Degrés de l'hygromètre. | Eau de l'air. |
|---|---|
| 0. | 0,0 |
| 21. | 0,1 |
| 39. | 0,2 |
| 53. | 0,3 |
| 64. | 0,4 |
| 72. | 0,5 |
| 79. | 0,6 |
| 85. | 0,7 |
| 90. | 0,8 |
| 95. | 0,9 |
| 100. | 1,0 |

Ainsi quand l'hygromètre marque 79 degr l'air ne contient que 0,6 de la vapeur q pourrait contenir à la température actuelle nous supposerons être de 20° cent. Mais n

avons vu (68) qu'à cette température; la pression maximum de la vapeur serait de 17,31 millimètres de mercure; il faudrait donc prendre les 6 dixièmes de 17,31, et l'on aurait 10,39 millimètres pour la pression de la vapeur qui se trouve effectivement dans l'atmosphère.

*Saussure* a observé que l'hygromètre se tient ordinairement à 60 degrés : il paraît qu'il ne descend jamais plus bas que 30. L'air contient donc généralement les 4 dixièmes de l'eau qu'il peut contenir.

81. La marche de l'hygromètre de *Saussure* est compliquée de la dilatation du cheveu par la chaleur, et de l'évaporation d'une partie de son humidité, lorsque la température vient à s'élever.

Obs. Cette observation s'applique aussi aux autres hygromètres : l'on cherche à remédier à cet inconvénient par une table de corrections.

82. On peut déterminer la force élas-

tique de la vapeur contenue dans l'
par l'observation du *point de rosée* (
nomme ainsi la température à laqu
la rosée commence à se déposer.)

Ex. Les hygromètres de condensatio
MM. *Daniel*, *Pouillet*, etc., dans lesquel
produit un refroidissement artificiel, afin
mener et d'observer le point de rosée. S
point de rosée a été observé à 20 degrés, l
ble du paragr. 68 nous apprend qu'à cette
pérature la force élastique de la vapeur
tenue dans l'air, est de 17,31 millimètre
mercure.

83. L'abaissement de température
cessaire pour produire le point de ro
fait connaître aussi le degré d'hu
dité de l'air.

Ex. Supposons que l'air soit à 30 degré
température et que le point de rosée ait
observé à 20°; à 30 degrés, l'air peut co
nir, à son maximum, de la vapeur ayant

pression de 30,64 millimètres de mercure (68); or, d'après l'observation du point de rosée, la vapeur contenue dans l'air n'a qu'une pression de 17,31 millimètres, de sorte que l'air ne contient que $\frac{17,31}{30,64} = 0,54$ de la vapeur qu'il peut contenir; ce qui correspondrait à peu près à 75° de l'hygromètre de Saussure (80).

Afin de faciliter l'e oi des hygromètres, nous présenterons ici un tableau contenant, pour les divers degrés de température auxquels on peut observer, les forces élastiques correspondantes de la vapeur d'eau en millimètres de mercure, ainsi que les poids de la vapeur contenue dans un mètre cube d'air.

| Température du point de rosée. | Force élastique de la vapeur. | Poids de la vapeur. |
|---|---|---|
| — 20° cent. | 1,3 mill. | 1,5 gram. |
| 15 | 1,9 | 2,1 |
| 10 | 2,6 | 2,9 |
| 5 | 3,7 | 4,0 |
| 0 | 5,0 | 5,4 |
| 1 | 5,4 | 5,7 |
| 2 | 5,7 | 6,1 |
| 3 | 6,1 | 6,5 |

| Température du point de rosée. | Force élastique de la vapeur. | Poids de vapeur. |
|---|---|---|
| 4° cent. | 6,5 mill. | 6,9 gra |
| 5 | 6,9 | 7,3 |
| 6 | 7,4 | 7,7 |
| 7 | 7,9 | 8,2 |
| 8 | 8,4 | 8,7 |
| 9 | 8,9 | 9,2 |
| 10 | 9,5 | 9,7 |
| 11 | 10,1 | 10,3 |
| 12 | 10,7 | 10,9 |
| 13 | 11,4 | 11,6 |
| 14 | 12,1 | 12,2 |
| 15 | 12,8 | 13,0 |
| 16 | 13,6 | 13,7 |
| 17 | 14,5 | 14,5 |
| 18 | 15,4 | 15,3 |
| 19 | 16,3 | 16,2 |
| 20 | 17,3 | 17,1 |
| 21 | 18,3 | 18,1 |
| 22 | 19,4 | 19,1 |
| 23 | 20,6 | 20,2 |
| 24 | 21,8 | 21,3 |
| 25 | 33,1 | 22,5 |
| 26 | 24,4 | 23,8 |

| Température du point de rosée. | Force élastique de la vapeur. | Poids de la vapeur. |
|---|---|---|
| 27° cent. | 25,9 mill. | 25,1 gram. |
| 28 | 27,4 | 26,4 |
| 29 | 29,0 | 27,9 |
| 30 | 30,6 | 29,4 |
| 31 | 32,4 | 31,0 |
| 32 | 34,3 | 32,6 |
| 33 | 36,2 | 34,3 |
| 34 | 38,3 | 36,2 |
| 35 | 40,4 | 38,1 |
| 36 | 42,7 | 40,2 |

84. Quand l'air subit un refroidissement, la vapeur qui s'y trouve répandue se condense en une multitude de petits globules liquides qui deviennent visibles, et qui se déposent facilement sur les corps voisins.

Ex. Les brouillards et les nuages qui flottent dans l'air, sont composés de globules d'eau que *Saussure* a examinés à l'aide d'une lentille. Il a trouvé qu'ils étaient creux, et il les a nom-

més, pour ce motif, *vapeurs vésiculaires*. C
vapeurs mouillent quand on s'y trouve plon

On explique encore, par le principe préc
dent, la formation de l'humidité qui s'attac
aux murailles et aux vitres où elle forme pe
dant l'hiver des figures diverses, la condens
tion des vapeurs dans l'intérieur des forêts
elles alimentent les sources, etc.

85. 1° L'air est généralement d'anta
plus humide et la quantité d'eau q
tombe d'autant plus grande, qu'on s'a
proche davantage de l'équateur; 2°
nombre moyen des jours pluvieux ser
ble suivre une marche inverse; 3°
quantité de pluie est plus grande en é
qu'en hiver, quoique dans cette de
nière saison il y ait un plus grand nom
bre de jours pluvieux que dans l'autre
4° la pluie tombe en plus grande abo
dance la nuit que le jour.

Ex. Voici un tableau de la quantité d'eau q
tombe annuellement dans différens lieux.

| | Centim. | Latitude. |
|---|---|---|
| Cap-Français (*St-Domingue*). . . | 308 | 19°,46 |
| La Grenade (*aux Antilles*). . . . | 284 | » |
| Garfagnana (*duché de Modène*). | 249 | » |
| Calcuta . . . . . | 205 | 22.35 |
| Gênes . . . . . | 140 | 44.25 |
| Pise . . . . . | 124 | 43.42 |
| Douvres . . . . . | 95 | 51. 8 |
| Londres . . . . . | 53 | 51.31 |
| Paris. . . . . | 53 | 48.50 |
| Pétersbourg . . . . . | 46 | 59.56 |
| Upsal . . . . . | 43 | 59.53 |

Quant aux jours pluvieux, leur nombre n'est que de 78 entre le 12e et le 43e degré de latitude nord; il est de 105 entre le 43e et le 46e degré; de 134 à la latitude de Paris, et s'élève à 161 dans la zone comprise entre le 51e et le 60e degré. (*Ann. pour* 1820.)

86. La quantité d'eau qui tombe annuellement dans un même lieu, est à peu près toujours la même, et diminue en s'élevant au-dessus du sol.

Ex. Une différence de 4 mètres entre les ni-

veaux de deux stations, peut occasionner une différence de près de 11 centimètres, quoique l'eau recueillie dans la station supérieure ne surpasse pas 49 centimètres. A parité de circonstances, il tombe aussi plus de pluie dans les pays montagneux que dans les plaines.

## *De la Rosée.*

87. La rosée n'est abondante que pendant les nuits calmes et sereines. On en aperçoit quelques traces dans les nuits couvertes, s'il ne fait pas de vent, ou malgré le vent, si le temps est clair; mais il ne s'en forme jamais sous les influences réunies du vent et d'un ciel couvert.

A l'instant où le ciel se couvre, la rosée cesse de se former; quelquefois même, celle qui déjà avait mouillé les plantes, disparaît entièrement.

Obs. *Aristote* avait remarqué que les nuits

calmes et sereines étaient celles pendant lesquelles il se dépose de la rosée. Le phénomène a surtout lieu pendant les nuits auxquelles succèdent des matinées brumeuses ; et particulièrement en automne et au printemps. Les vents qui viennent de la mer et en général tout ce qui augmente l'humidité de l'air, contribuent à rendre la rosée plus abondante.

88. Les métaux polis, surtout ceux qui rayonnent le plus et conduisent le moins la chaleur, sont de tous les corps connus ceux qui attirent le moins la rosée.

La laine, le duvet de cygne, le verre, l'herbe, etc., au contraire, attirent facilement la rosée.

89. Tout ce qui tend, en général, à diminuer l'étendue de la portion du ciel qui peut être aperçue de la place que le corps occupe, diminue la quantité de rosée dont celui-ci se couvre.

Ex. Deux touffes de laine étant attachées

aux deux faces d'une planche placée horiz
lement, M. *Wells* observa successive
qu'elles étaient chargées, l'une de 14 g
d'humidité, l'autre de 4 : une seconde foi
quantités d'humidité furent 19 et 16 gr
une troisième 11 et 2 ; une quatrième 20
C'était toujours la laine attachée à la face
rieure de la planche qui acquérait le moi
poids. Un flocon, placé au centre d'un cyli
d'un mètre de hauteur et d'un tiers de m
de diamètre, ne se chargea, sur l'herbe, q
2 grains d'humidité ; tandis qu'un autre to
fait découvert se chargea de 16 grains.

90. La température de l'herbe c
verte de rosée est toujours plus b
que celle de l'air ; et entre plusi
thermomètres placés dans des situat
différentes pendant une même n
ceux-là baissent le plus qui occupent
lieux où il se dépose le plus de ro

Ex. Les thermomètres de M. *Wells* placé
l'herbe courte, marquaient souvent, dan

nuits calmes et sereines, 4°, 5°, 6° et même une fois 7°, 8 centigrades de moins qu'un thermomètre semblable dont la boule était à $1^m,2$ au-dessus du sol. Quand il fait du vent, pendant les nuits très-sombres, l'herbe n'est jamais plus froide que l'air. La présence d'un nuage au zénith, pendant quelques minutes, suffit pour élever la température de l'herbe. On savait aussi depuis long-temps que les nuits nuageuses sont généralement moins froides que les nuits sereines.

91. La rosée est moins abondante sur les montagnes que dans les plaines. On remarque aussi que la *gelée blanche* se dépose d'abord sous forme de rosée proprement dite et ne se congèle qu'ensuite.

Cette observation est également due à *Aristote*.

92. Dans les nuits calmes et sereines, la température de l'air, au lieu d'aller

en diminuant à mesure qu'on s'éloigne du sol, présente, au contraire, au moins jusqu'à certaines hauteurs, une progression croissante.

Ex. Un thermomètre, à 2 mètres et demi d'élévation, marquait toute la nuit 2°,5 centigrades de moins qu'un instrument pareil, suspendu à 17 mètres de hauteur; le contraire avait lieu à midi, selon *Pictet*. Deux heures environ après le lever du soleil, comme aussi deux heures après son coucher, les deux instrumens étaient d'accord.

93. Le refroidissement des corps précède constamment l'apparition de la rosée (63 et 84).

94. Il paraît que la véritable cause de la formation de la rosée, réside dans la faible vertu rayonnante d'un ciel serein.

Ce principe forme la base de l'ingénieuse théorie de M. *Wells*. Pendant les nuits calmes

et sereines, les parties supérieures de l'herbe rayonnent leur chaleur vers les régions vides de l'espace, et n'en reçoivent rien en échange; les parties inférieures très-peu conductrices, ne peuvent leur transmettre qu'une petite partie de la chaleur terrestre : comme d'ailleurs elles ne reçoivent rien latéralement et très-peu de chose seulement de l'atmosphère, elles doivent se maintenir plus froides que l'air et condenser la vapeur qui y est mêlée, si toutefois celle-ci est assez abondante, eu égard à la perte de chaleur que l'herbe a éprouvée. Les écrans, les nuages, etc., compensent jusqu'à certain point la perte de chaleur qu'un corps eût éprouvée en rayonnant vers l'espace, par le rayonnement en sens contraire de leur surface inférieure (55).

95. Le refroidissement des corps est donc la cause et non la conséquence de la rosée.

M. *Arago* a déduit des principes précédens, une explication fort ingénieuse de la *lune rousse*. Voyez dans *l'Annuaire pour* 1827 ses

excellens articles sur la formation de la rosée; ce qui précède en est une analyse.

## *Températures du Globe.*

96. La *température moyenne d'un jour* est la moyenne des températures correspondantes à tous les instans dont le jour se compose.

Ex. Si on observait le thermomètre à chacune des 1440 minutes du jour, et si l'on divisait ensuite la somme des degrés observés par 1440, on aurait la température moyenne du jour.

97. On remplace avantageusement la moyenne rigoureuse des 24 heures, par la demi-somme des températures *maximum* et *minimum* (celles de 2 à 3 heures après midi et celle qu'on observe avant le lever du soleil); ou par la moyenne

des températures du lever et du coucher du soleil et de 2 heures après midi.

98. La *température moyenne d'un mois* est la somme des températures moyennes de tous les jours du mois, divisée par le nombre de ces jours.

99. La *température moyenne de l'année* est la somme des températures moyennes des douze mois divisée par douze.

100. La température moyenne de l'année, dans nos climats, correspond à la température du mois d'avril, ou mieux encore à celle du mois d'octobre, ou bien encore à la moyenne des températures observées chaque jour, à 9 heures du matin.

101. La *température moyenne d'un lieu*, s'obtient en prenant la moyenne des températures de plusieurs années, observées dans ce lieu.

On trouvera ici les températures moyennes

de plusieurs points du globe, données par M. *de Humboldt*.

| Lieux. | Latitude. | Température moyenne annuelle, | hiver, | été. |
|---|---|---|---|---|
| Nain. . . . . | +57°. 8′ | —3°,1 | —18°,0 | +9°,1 |
| Cap-Nord . . | 71. | 0,0 | — 4,6 | 6,3 |
| Pétersbourg. | 59. 56 | + 3,8 | — 8,3 | 16,7 |
| Moskou . . . | 55. 45 | 4,6 | — 11,8 | 19,5 |
| Stockholm . | 59. 20 | 5,7 | — 3,6 | 16,6 |
| Copenhague. | 55. 41 | 7,6 | — 0,7 | 17,0 |
| Edimbourg . | 55. 57 | 8,8 | + 3,7 | 14,6 |
| Dublin . . . | 51. 25 | 9,5 | 4,0 | 15,3 |
| Genève . . . | 46. 12 | 9,6 | 1,5 | 18,3 |
| Londres . . . | 51. 30 | 10,2 | 4,2 | 17,2 |
| Vienne . . . | 48. 12 | 10,3 | 0,4 | 20,7 |
| Paris . . . . | 48. 50 | 10,6 | 3,7 | 18,1 |
| Amsterdam. | 52. 22 | 10,9 | 2,7 | 18,8 |
| Bruxelles . . | 50. 51 | 11,0 | 2,6 | 19,0 |
| Milan . . . . | 45. 28 | 13,2 | 2,4 | 22,8 |
| Rome . . . . | 41. 53 | 15,8 | 7,7 | 24,0 |
| Alger . . . . | 36. 48 | 21,1 | 16,4 | 26,8 |
| Le Caire. . . | 30. 2 | 22,4 | 14,7 | 29,5 |
| La Havane. . | 23. 10 | 25,6 | 21,8 | 28,5 |
| Cumana . . . | 10. 27 | 27,7 | 26,8 | 28,7 |

102. Si l'on marque sur une mappe-monde, tous les points dont les températures moyennes sont, respectivement, 0°, + 5°, + 10°, + 15°, et + 20°; les courbes passant par ces diverses séries de points, s'appellent les lignes *isothermes* de 0°, de 5°, de 10°, etc.

L'idée des lignes isothermes est due à M. *de Humboldt*, qui a remarqué qu'elles diffèrent sensiblement des parallèles terrestres, et offrent toutes deux inflexions. Leurs sommets convexes en Europe, sont presque situés sous le même méridien (à 8° à l'orient de Paris); à partir de ces points, les courbes s'abaissent des deux côtés vers l'équateur; puis se relèvent encore et présentent une nouvelle série de sommets convexes sur la côte occidentale de l'Amérique. Ainsi, les côtes occidentales de l'ancien et du nouveau monde, ont, à parité de latitude, une température plus élevée que les côtes orientales. (*Annuaire pour* 1820.)

103. Dans aucun lieu de la terre et

dans aucune saison, un thermomètre élevé de deux ou trois mètres au-dessus du sol, et à l'abri de toute réverbération, n'atteindra le 37e degré de *Réaumur* ou le 46e degré centigrade.

En pleine mer, la température de l'air ainsi que celle de l'eau, quels que soient le lieu et la saison, ne dépasse jamais le 24e degré de *Réaumur* ou le 30e degré centigrade.

Il n'existe aucune expérience d'où l'on puisse déduire quel est le dernier terme d'une température habituelle que nous puissions supporter; on sait seulement que ce terme est fort élevé quand l'épreuve ne dure qu'un petit nombre de minutes. En 1774, MM. *Fordyce, Banks, Solander, Blayden, Dundas,* etc., entrèrent dans une chambre où la température était de 128° centésimaux, et y restèrent huit minutes. Leur température naturelle s'accrut légèrement; des œufs devinrent durs, à côté des observateurs, en 20 minutes; un beefsteak fut cuit en une

demi-heure, et l'eau entra en ébullition. (*Annuaires pour* 1825 et 27.)

Il paraît qu'au moyen de frictions avec les acides, particulièrement de l'acide sulfurique étendu d'eau, la peau devient insensible à l'action de la chaleur du fer rouge, et que cette insensibilité augmente par de nouvelles frictions avec du savon dur.

104. Le plus grand degré de froid qu'on ait observé sur notre globe avec un thermomètre suspendu dans l'air, est de 40° *Réaumur*, ou de 50° centigrades au-dessous de zéro.

105. La température des mers décroît de l'équateur aux pôles et varie de la surface jusqu'au fond.

Entre les tropiques, la température des mers diminue avec la profondeur.

Vers les pôles, la température augmente avec la profondeur.

Dans les mers tempérées, comprises entre 30 et 70 degrés de latitude, la

température est d'autant moins décroissante que la latitude devient plus grande; et près du parallèle de 70, elle devient croissante.

Il paraît, d'après les expériences de M. *Erman* fils, que c'est à tort que l'on a cru que l'eau de mer a, comme l'eau douce, un *maximum* de densité avant sa congélation ; ce qui avait fait croire que la température du fond des mers devait être de 4° centigrades (14). Des expériences récentes de M. *Despretz* ont donné pour point de congélation de l'eau de mer — 2° 55 et le *maximum* de densité à — 3° 67.

106. La température des premières couches de la terre subit des variations *diurnes* et *annuelles* ; les couches à une certaine profondeur (20 à 30 mètres), conservent une température qui n'éprouve pas de variation sensible et qui est à peu près la température moyenne de la surface ; à mesure qu'on

'enfonce davantage dans l'intérieur de a terre, l'observation prouve que la empérature augmente et que l'accroisement est à peu près d'un degré pour 25 à 30 mètres.

D'après ces observations, on a supposé l'existence d'une chaleur centrale; et, selon M. *Fourier*, la quantité de chaleur qui se dissipe en n siècle est telle qu'elle fondrait une couche le glace de trois mètres d'épaisseur sur toute a superficie.

107. La température de l'air décroît mesure qu'on s'élève dans l'atmosphère, et l'observation prouve que la empérature diminue d'un degré environ pour 165 mètres.

Ex. Les neiges perpétuelles qui couvrent les montagnes les plus élevées montrent fort bien le décroissement de température à mesure qu'on s'élève.

**108. L'hémisphère boréal, à parité de latitude, a une température moyenne plus élevée que celle de l'hémisphère austral.**

Cette inégalité de température paraît due à ce que la durée des saisons diffère de plus de huit jours dans les deux hémisphères, et à ce que l'étendue des terres, comparativement à celle de la mer, n'est pas non plus la même. Dans l'hémisphère boréal, la terre est à la mer comme 42 est à 100 ; et, dans l'hémisphère austral, comme 13 est à 100.

**109. Il paraît que la température moyenne du pôle nord est de 25° centigrades au-dessous de zéro.**

M. *Arago* a calculé que cette température serait de — 32° en supposant que le nouveau monde s'étendît jusqu'au pôle ; et de — 18° en supposant que ce fût l'Océan qui s'étendît jusqu'à ce point-là ; la moyenne est — 25°.

**110. Si l'on pouvait se transporter**

in de notre globe et dans les espaces anétaires, la température y serait de us de 60 degrés au-dessous de zéro.

* On est parvenu à ce résultat curieux par férentes méthodes de calcul ; soit en recherchant le terme de toutes les variations de chaleur, du jour à la nuit ; soit en évaluant, r la loi de continuité, le froid extrême du le glacial; soit en observant les températures ifférentes hauteurs au-dessus du globe, et en culant la température limite pour laquelle différence des hauteurs ne ferait plus varier hermomètre.

## CHAPITRE VI.

### LA PRODUCTION ARTIFICIELLE DE LA CHALEUR ET DU FROID.

*De la Combustion et de la Flamme.*

111. On observe que, dans toutes les mbinaisons en général, il y a déga-

gement de chaleur, et souvent de lumière en même temps.

Quand c'est l'oxygène qui se combine avec un corps, la combinaison prend plus particulièrement le nom de *combustion;* et l'on dit qu'elle est *vive* ou *lente*, selon qu'il y a dégagement de lumière ou non.

Ex. 1 vol. d'eau et 4 vol. d'acide sulfurique donnent un mélange d'une température de plus de 100° cent.; 2 parties de cuivre et 1 de soufre brûlent avec une vive lumière. On rend la combustion plus vive, en excitant, au moyen du *chalumeau* un violent courant d'air atmosphérique; un courant d'oxygène produit plus d'effet encore.

Quand on brûle un kilogramme de différentes substances, on n'obtient pas les mêmes quantités de chaleur. Voici les résultats auxquels ont est parvenu :

| | kil. de glace fondue. | |
|---|---|---|
| Gaz hydrogène. . . . . | 295 | 29125 |

| | kil. de glace. fondue. | |
|---|---|---|
| Huile d'olive. . . . . | 134 | 10080 |
| Cire blanche. . . . . | 133 | 9990 |
| Suif. . . . . | 104 | 7777 |
| Phosphore. . . . . | 100 | 7500 |
| Charbon de bois et coke pur. | 94 | 7050 |
| Houille (valeur moyenne). . | 84,6 | 6345 |
| Bois sec quelconque. . . . | 48,9 | 3666 |
| Bois contenant 0,2 d'eau. . . | 38,4 | 2945 |
| Tourbe bonne . . . . . | 26,7 | 2000 |
| Tourbe mauvaise. . . . . | 15 | 1125 |

Chaque unité de la dernière colonne indique la quantité de chaleur nécessaire pour élever d'un degré la température d'un kilogramme d'eau liquide; quantité que M. *Dupin* nomme *therme*. Nous avons vu qu'il existe différentes manières encore de développer à son gré de la chaleur (2). M. *Pouillet* a trouvé que quand on mêle un liquide sur un corps solide quelconque réduit en poudre ou en petits fragmens, la température du mélange s'élève toujours d'une quantité remarquable.

2. La *flamme* est un gaz en combus-

tion : on s'est assuré qu'elle a une t
pérature plus élevée à sa surface e
rieure qu'à son centre, et qu'elle
passe qu'avec difficulté à travers
toile métallique dont le tissu est se

Ex. De la poudre portée dans l'intérieur
flamme d'une bougie, ne prend pas feu
flamme ne se propage pas à travers la toile
tallique de la lampe de *Davy*.

### *De la Production du Froid artifici*

113. Indépendamment de l'évap
tion et de la dilatation, les combinais
chimiques sont de puissans moyens p
produire de grands abaissemens de t
pérature.

Ex. Par l'évaporation, on refroidit l'eau
les hydrocérames ou *alcarazas ;* on fait bai
un thermomètre dont la boule a été plon

ither ou de l'alcohol, surtout en lui
m mouvement de rotation prolongé
produit la congélation de l'eau par
ce de *Leslie* (20), etc. Par une forte
, on peut aussi produire la congéla-
vapeur qui se trouve dans l'air (22).
ciers produisent un froid de — 20°
mêlant 4 parties de glace et 1 d'acide
à 0°; 7 parties de glace et 4 d'acide
roduisent un abaissement de — 34°.
ge de parties égales de neige et de sel
(hydro-chlorate de soude) abaisse la
re à — 18°; 2 parties de neige et 3
ilorate de chaux cristallisée font des-
température de 0° à — 45°.

# DEUXIÈME SECTION.

## DE L'ÉLECTRICITÉ.

---

## CHAPITRE PREMIER.

### DE L'ÉLECTRICITÉ EN GÉNÉRAL ET DE SES SOURCES PRINCIPALES.

### *Notions préliminaires.*

114. Si l'on prend un morceau d'ambre jaune (1) ou un cylindre de verre, et si on le frotte avec une étoffe de laine : 1° les petits corps légers qu'on lui présente sont attirés ; 2° on sent une odeur phosphorique ; 3° en approchant la main à une certaine distance, on éprouve une

(1) Ἤλεκτρον, d'où vient le mot *électricité*.

sensation semblable à celle que produirait une toile d'araignée ; 4° en approchant davantage le doigt ou une boule métallique, on entend le pétillement d'une étincelle lumineuse ; 5° dans l'obscurité, le corps frotté lui-même paraît lumineux.

C'est par ces phénomènes que l'*électricité* se manifeste ordinairement.

Les physiciens se partagent ici, comme pour la théorie de la chaleur, entre deux opinions principales. Les uns, avec *Franklin*, regardent les phénomènes électriques comme les effets d'une seule matière infiniment subtile, répandue dans tous les corps et dont les particules se repoussent mutuellement et sont plus ou moins attirées par les autres corps. Les autres, avec *Symmer*, admettent deux matières électriques qui s'attirent l'une l'autre, tandis que les particules de chacune d'elles se repoussent mutuellement. L'électricité *vitrée* et l'électricité *résineuse* par leur réunion, qu'on nomme *électricité combinée*, forment l'état d'équilibre ; et,

par leur désunion, produisent les phénomènes dont nous allons nous occuper. Dans la première théorie, les phénomènes proviennent de ce que la matière électrique s'accumule ou diminue au-dessus ou au-dessous du point d'équilibre. Nous admettrons la théorie de *Symmer*, mais seulement pour la commodité du langage. Nous dirons aussi indistinctement l'électricité *vitrée* ou *positive* et l'électricité *résineuse* ou *négative*.

115. L'électricité ne change ni les dimensions ni le poids des corps.

Ex. Si l'on place dans un bassin d'une balance très-sensible, un vase qui contient de l'eau dans laquelle plonge un bon thermomètre, lorsque l'eau sera électrisée, on n'observera aucun changement dans le thermomètre ni dans la balance.

116. L'action électrique se propage à distance et à travers toutes les substances.

Ex. Un bâton de cire d'Espagne électrisé attire une petite boule de moelle de sureau suspendue à un fil de soie et sous une cloche de verre.

## *Des Sources de l'Électricité.*

117. Les moyens principaux pour développer la vertu électrique sont le *frottement*, la *compression*, la *chaleur*, le *contact*, ainsi que plusieurs *combinaisons chimiques*.

Ex. On développe de l'électricité en frottant un tube de verre ou un morceau de cire d'Espagne avec du drap ou du papier gris ; en frappant, avec une peau de lièvre ou de chat, par exemple, une personne montée sur un tabouret dont les pieds sont de cristal (*l'isoloir*) ; en faisant couler des liquides contre les corps ; en agitant le mercure dans le baromètre ; en frottant des rubans de soie l'un contre l'autre ; en secouant un mouchoir de soie dans l'air ; en di-

rigeant un courant d'air contre une glace; en ôtant rapidement des bas de laine, etc. En général, tous les corps sont susceptibles d'acquérir les propriétés électriques par le frottement.

*Haüy* a montré qu'on développait de l'électricité, en pressant entre ses doigts une plaque de chaux carbonatée; M. *Libes* a obtenu les mêmes effets, en pressant un disque de métal sur du taffetas gommé; et M. *Becquerel*, par la pression de presque toutes les substances. Un tube de verre plongé dans le mercure, en sort électrisé.

La tourmaline, la topaze et plusieurs autres substances minérales s'électrisent par la chaleur; des métaux différens, comme le zinc et le cuivre, s'électrisent par leur contact. Enfin les décompositions, la combustion, les passages des corps à différens états, la dissolution des métaux par les acides sont encore des sources d'électricité.

M. *Becquerel* a développé de l'électricité par l'*action capillaire*, en plongeant un morceau de platine spongieux ou de charbon dans une cuiller ou capsule de platine remplie d'un acide.

usieurs poissons, tels que le *gymnote en-*
*dissant*, le *silure trembleur*, quelques es-
es de *raies*, etc., jouissent par eux-mêmes
vertu électrique.

## *De la Faculté conductrice.*

18. On partage les corps en *bons* et
*vais conducteurs*, d'après la facilité
s ou moins grande avec laquelle ils
ismettent l'électricité.

. Les métaux, le lin, la paille, le charbon
ois, les animaux vivans, la plupart des li-
es et surtout les eaux acidulées, l'air très-
ide, etc., sont de bons conducteurs.
range parmi les mauvais conducteurs, les
es, le bois sec, la laine, le soufre, le su-
le verre, les graisses, les huiles grasses,
luides aériformes secs et surtout les plus
es.
*rey* et *Wheeler* paraissent avoir établi les
ier, en 1729, la distinction des bons et
nauvais conducteurs.

119. Pour conserver l'électricité développée dans les bons conducteurs, on place ces derniers corps sur de mauvais conducteurs; on dit alors qu'ils sont *isolés*.

Ex. Les machines électriques de différentes espèces, l'isoloir ou tabouret électrique, les différens conducteurs, les balles de sureau suspendues à des fils de soie, les excitateurs, etc.

Il faut avoir soin de tenir bien secs les supports qui isolent; il faut aussi tâcher d'éviter l'humidité de l'air. Le sol se nomme le *réservoir commun*.

120. L'électricité se répand avec une vitesse très-grande : on a reconnu qu'elle peut parcourir plusieurs lieues dans un temps inappréciable.

Ex. L'électricité se répand instantanément par une chaîne formée de fils métalliques ou de plusieurs personnes qui se tiennent par la main. Voyez plus loin une expérience à l'appui de ce principe.

## CHAPITRE II.

### DE L'ACTION DES CORPS ÉLECTRISÉS SUR LES AUTRES CORPS.

### *Des Électricités opposées.*

**121.** Deux corps chargés d'électricités de la même espèce se repoussent.

Ex. Si une personne électrisée se trouve sur l'isoloir, ses cheveux se dressent et se séparent ; si elle tient à la main des fils de lin, le faisceau se sépare en fils divergens. On observe des effets semblables en attachant au conducteur de la machine, des *houppes* électriques ou deux balles de sureau attachées à des fils de lin.

C'est sur la propriété précédente qu'est fondée la construction de l'électromètre à cadran de *Henly*, celle de l'électromètre à paille de *Volta*, ou à feuilles d'or de *Bennet*.

**122.** Deux corps chargés d'électricités d'espèces différentes s'attirent.

Ex. Si l'on suspend à des fils de soie, ( balles de sureau, l'une à côté de l'autre, on les électrise l'une par de la cire d'Espa l'autre par du verre, elles s'attireront ensu elles se repousseront au contraire si on l électrisées toutes deux avec la même stance. L'électroscope de *Haüy* est cons d'après les principes précédens, de même l'électromètre de *Coulomb*.

**123. Quand deux corps, par leur f tement, s'électrisent mutuellement, prennent toujours des électricités d pèces différentes.**

Ex. Si deux personnes sont placées sur isoloirs et si l'une frappe l'autre avec une p de chat ou de lièvre, ces personnes se tro ront électrisées d'une manière différente. l la machine électrique, le plateau s'élec positivement, et le *frottoir* négativement nature de l'électricité développée n'a rien d solu; elle dépend autant du corps frottant du corps frotté. Les substances s'électri

positivement quand on les frotte avec celles qui suivent :

La peau de chat ;
Le verre poli ;
L'étoffe de laine ;
Les plumes ;
Le bois ;
Le papier ;
La soie ;
La gomme-laque ;
Le verre dépoli ;

Ainsi le verre poli s'électrise positivement ou négativement selon qu'on le frotte avec une étoffe de laine ou une peau de chat.

**124.** Si l'on met en contact deux corps chargés d'électricité, en même quantité mais de nature différente, les fluides électriques se combineront avec explosion, et les corps rentreront dans leur état naturel.

Ex. Si deux personnes qui se sont électrisées

mutuellement sur l'isoloir se donnent la main, on verra une étincelle, et les phénomènes électriques disparaîtront. Deux cylindres isolés et chargés au même degré d'électricités différentes, ne montrent plus d'action quand on les a mis en contact.

Si l'un des conducteurs est plus chargé que l'autre, après l'explosion il restera une certaine quantité d'électricité à l'état libre.

125. Un petit corps à l'état naturel qu'on met en présence d'un corps électrisé, s'élance vers lui et se trouve repoussé après avoir pris une portion de son fluide électrique ; mais s'il a une faible communication avec le sol, il demeurera attaché au corps jusqu'à ce que le fluide électrique se trouve entièrement dissipé.

Ex. Le carillon électrique imaginé par *Buffon*, la danse électrique, le planisphère, la grêle électrique, et plusieurs autres instrumens

de physique amusante construits d'après les propriétés des attractions et répulsions.

Si les petits corps qu'on met en présence étaient de mauvais conducteurs, ils resteraient appliqués l'un à l'autre.

126. Les forces répulsives que les molécules d'un même fluide électrique exercent les unes sur les autres, sont en raison inverse des carrés des distances.

Cette loi, dont la découverte est due à *Coulomb*, a été mise en évidence de deux manières : 1° par la répulsion mesurée au moyen de la balance de ce physicien ; 2° par le nombre d'oscillations que ferait une petite aiguille électrisée par un bout en présence d'un corps électrisé d'une manière différente.

127. Si l'on présente à un corps électrisé un bon conducteur qui soit en communication avec le sol, il perdra presque toute son électricité par une seule étincelle; ce phénomène n'aurait plus lieu

si le corps électrisé était un mauvais conducteur, il perdrait alors son électricité partiellement.

Ex. Présentez l'articulation d'un doigt, ou un excitateur à un corps électrisé, vous en tirez une vive étincelle : la lumière et le bruit paraissent dus à la manière rapide avec laquelle l'air est traversé. Le phénomène a encore lieu quand on présente à un corps électrisé un autre corps de grande dimension qui est à l'état naturel et isolé ; après l'explosion le fluide électrique se trouve répandu sur les deux corps. L'explosion se fait à une distance plus ou moins grande, qu'on nomme *distance explosive*.

### *De la Distance explosive et de la Sphère d'activité électrique.*

128. La distance explosive, toutes choses égales d'ailleurs, est plus grande dans l'air sec raréfié que dans un air sec condensé ; et elle est toujours plus grande dans l'air que dans le verre.

Ex. L'électricité parcourt en pétillant une chaîne métallique offrant de petites solutions de continuité. On représente ainsi sur les *carreaux magiques*, en traits de feu, des lettres, des bouquets, des figures, etc.; les globes, les matras, et les tubes étincelans, le palais lumineux, et d'autres instrumens de physique amusante sont construits d'après le même principe.

**129. Un corps électrisé agit sur un autre corps à des limites beaucoup plus reculées que celles de la distance explosive; ces limites déterminent sa *sphère d'activité*.**

Ex. Un corps électrisé attire de loin les petits corps mobiles; il décompose le fluide naturel d'un conducteur qu'on lui a présenté, attire vers lui l'électricité de nature opposée à la sienne et la paralyse ou *dissimule*, tandis qu'il repousse l'autre : toutes deux sont alors sensibles à l'électromètre, mais le milieu du conducteur n'est point électrisé; on peut enlever cette dernière portion d'électricité et remettre en-

suite en évidence celle qui était dissimu
portant le corps qui en est chargé hor
sphère d'activité du premier corps qui a
sur lui par influence. Si le rapprocheme
été plus grand, le fluide paralysé se sera
biné par explosion avec une portion du fl
corps électrisé, pour former du fluide n

130. La sphère d'activité d'un
électrisé s'étend même à travers l
mes de verre (116), et peut par
du fluide électrique répandu sur l
opposée.

Ex. Le carreau magique, le carreau
lant, la bouteille de Leyde, etc., l'eau
sée dans un verre qu'on tient à la main,
l'expérience de *Musschenbroeck*, met
même principe en évidence. On comb
fluides en établissant entre eux une co
cation par un bon conducteur.

## CHAPITRE III.

### DE LA DISTRIBUTION DE L'ÉLECTRICITÉ DANS LES CORPS ET DE SA DÉPERDITION.

### *De la Distribution de l'Électricité dans les Corps.*

131. L'électricité, dans les bons conducteurs, se porte entièrement à leur surface, où elle est maintenue par l'air, qui est un mauvais conducteur (118); en sorte que le centre du corps ne se trouve pas électrisé.

Ex. Dans la sphère creuse de *Coulomb*, l'électricité se dispose entièrement à la surface extérieure.

132. Dans le vide, l'électricité des bons conducteurs se dissipe à l'instant, sous forme de lumière purpurine; et

celle des mauvais conducteurs se dissipe aussi, mais avec plus de lenteur.

Ex. On a beaucoup varié les instrumens pour faire prendre au fluide électrique la forme de cascades, de gerbes de feu, de soleils, etc. Dans les cabinets de physique amusante, on trouve par exemple le tube électrique ou épée flamboyante, le rouet électrique, la colonne de feu ou le tube qui transmet à de grandes distances le fluide électrique sous forme d'éclair, l'œuf électrique, le matras lumineux ou aurore boréale, etc.

133. On nomme *tension*, la pression exercée en un point par l'électricité contre l'air. Cette pression est en raison composée de la quantité des molécules en ce point et de leur force répulsive, et comme chacun de ces deux élémens est proportionnel à l'autre, il en résulte que la pression exercée contre l'air est proportionnelle au carré de la quantité d'électricité.

Ce principe est dû à M. *Poisson*, qui a traité la théorie de l'électricité par une analyse très-savante. Quand l'air ne peut exercer une pression égale à celle de l'électricité, celle-ci se dissipe.

**134. Une même quantité d'électricité a une tension d'autant moins forte, qu'elle est répandue sur une plus grande surface.**

Ex. Si l'on tire rapidement un ruban métallique enroulé sur un treuil, ou une chaîne plongée dans un vase, ou bien encore un tube enfoncé dans un autre comme dans les lunettes d'approche, on verra l'électromètre baisser, et remonter ensuite, quand on remet le tout dans son premier état.

D'après ce principe, on peut accumuler beaucoup d'électricité sur plusieurs conducteurs qui communiquent ensemble.

Si l'on accumule sur un corps des quantités d'électricité de plus en plus grandes, il devient indifférent de supposer que les nouvelles couches se disposent sur les premières et aug-

mentent l'épaisseur ; ou bien que, l'épaisseur restant la même, la *densité* augmente en chaque point.

**135. L'intensité de l'électricité de chaque point d'une surface, croît ou décroît dans le même rapport que la quantité totale d'électricité repandue sur toute la surface.**

Ex. Si un corps est électrisé, et si, en un point de sa surface, l'intensité de l'électricité est double de ce qu'elle est en un autre : en électrisant ce corps davantage, les intensités, en ces deux points, seront encore toujours dans le rapport de 2 à 1.

*Coulomb*, pour établir ce principe, prenait l'électricité des corps, avec un petit disque métallique isolé, et s'était assuré d'abord que ce petit plan d'épreuve enlevait, par son contact tangentiel, une quantité d'électricité double de celle de l'élément qu'il touchait. On peut négliger, comparativement à la surface totale du corps, la quantité d'électricité enlevée par le plan.

**136. L'électricité se distribue à la surface des corps conducteurs selon leurs diverses formes.**

Ex. A la surface d'une sphère, l'électricité se distribuera symétriquement, de manière que son intensité sera la même sur tous les points. A la surface d'un ellipsoïde de révolution, l'électricité se portera en plus grande quantité aux extrémités du grand axe. Dans le tétraèdre, elle s'accumulera davantage aux sommets et aux arêtes que vers le milieu des faces. En général, l'électricité s'accumule davantage vers les extrémités des lames et des corps prismatiques, et surtout dans ceux qui se terminent en pointe, de manière que la résistance de l'air ne suffit plus pour la retenir.

**137. Le partage de l'électricité entre deux corps en contact, ne dépend que de la forme de ces corps, et nullement de leur nature; il n'y a de différence que dans le temps nécessaire au partage.**

Ex. Si l'on met en contact avec une boule de cuivre électrisée, une autre boule de même dimension, soit en cuivre, soit en plomb, soit en ivoire, etc., le partage s'opèrera de la même manière, mais non pas dans le même temps.

138. Si les surfaces de sphères électrisées, mises en contact, sont inégales, suivant un rapport donné, les quantités d'électricité varient d'une sphère à l'autre dans un rapport différent et plus petit.

Ex. Les surfaces étant comme 1 à 15, *Coulomb* a trouvé que les quantités d'électricité étaient comme 1 à 11; et que, les deux surfaces étant comme 1 à 2300, les quantités d'électricité étaient comme 1 à 1150 au lieu de 1 à 2300.

139. Quand deux sphères, électrisées de la même manière, ont un point de contact, la tension électrique est nulle

en ce point et elle se trouve à son *maximum* au point diamétralement opposé.

Ex. *Coulomb* mit en contact deux sphères électrisées, dont les diamètres étaient de $0^m,216$ et $0^m,054$; et il trouva que la tension était nulle sur cette dernière sphère, depuis le point de contact jusqu'à 30°; qu'à 90° elle était quadruple de ce qu'elle était à 45°; et que de 90 à 180 degrés, elle croissait dans le rapport de 10 à 14. Sur la sphère la plus grande, la tension était nulle depuis le point de contact jusqu'à 5°; elle croissait alors rapidement jusqu'à 30°, et était ensuite à peu près uniforme jusqu'à 180°.

140. Si l'on met en contact une série de sphères égales, les tensions électriques sont égales, à mêmes distances des deux extrémités où elles sont à leur *maximum;* de là elles décroissent très-rapidement jusqu'au milieu où elles sont nulles.

L'électricité se répand à peu près
même manière sur un cylindre ; elle s'accu
surtout vers les extrémités quand le cyli
est très-mince.

## *De l'Effet des Pointes.*

141. Si l'on place une pointe su
conducteur, la tension électrique
vient si forte à son extrémité, qu
fluide, à mesure qu'on le développe
dissipe à travers l'air, sous forme l
neuse.

Ex. Dans l'obscurité, on voit partir
pointe une *aigrette* brillante, si l'élect
est positive ; et seulement un *point* lumin
si elle est négative. Ce fait paraît favora
la théorie de *Franklin*. Une personne élect
montée sur un isoloir, en agitant un fil m
lique terminé par plusieurs pointes, pr
une lumière flottante, qu'on nomme ord
rement papillon électrique. L'araignée élé

que, imaginée par *Franklin*, est le même instrument auquel on fait subir des attractions et répulsions successives comme dans le carillon électrique (125).

**142.** Si l'on présente une pointe à un conducteur chargé, on lui enlève toute son électricité, sans étincelle et sans bruit.

Ex. Dans l'obscurité, on observe encore les mêmes phénomènes dont il a été parlé précédemment (141). Il faut donc éloigner avec soin des conducteurs qu'on veut électriser, toutes les pointes, à moins qu'elles ne servent à soutirer l'électricité du plateau de la machine. Quand le plateau est en repos, il se fait une perte par ces mêmes pointes.

L'action des pointes a lieu même à 5 ou 6 mètres de distance du conducteur.

**143.** Si l'on place deux ou plusieurs pointes sur un conducteur, elles se nuiront mutuellement, si elles sont assez

rapprochées; et si elles sont libres, elles divergeront.

Ex. Les cheveux d'une personne électrisée divergent ainsi que des fils de lin réunis en faisceau. On attribue cet effet à la répulsion mutuelle des molécules du même fluide accumulé sur des points voisins (114).

144. Le courant électrique qui s'échappe par une pointe, met en mouvement l'air qui s'oppose à son passage.

Ex. Si une personne électrisée et montée sur un tabouret, tient en main une pointe métallique; à l'approche de cette pointe, on sent sur la main ou le visage un vent frais; on voit des rides à la surface d'un vase plein d'eau; une bougie sera éteinte; de la poudre, de la sciure de bois ou d'autres corps légers seront dispersés.

145. Si des corps terminés en pointe métallique, sont mis en équilibre ou flottent sur un liquide, l'électricité, en

s'échappant par les extrémités, mettra ces corps en mouvement dans un sens opposé à celui dans lequel elle se dirige.

Ex. On met ce mouvement en évidence par plusieurs instrumens tels que le cygne électrique, dont le bec est armé d'une pointe, la roue et l'arbre électriques, le moulinet qui remonte le long du plan incliné, le système de Copernic qui tourne sur une pointe, etc. Le mouvement de rétrocession est semblable à celui du recul des armes à feu.

On a conclu de ce mouvement, que la vitesse du fluide électrique devait être infinie; car le mouvement qui a lieu est égal au produit de la masse par la vitesse (I, 15). Or, comme la masse est infiniment petite (115), il faut que la vitesse soit infiniment grande pour que le produit donne une quantité de grandeur finie telle que le mouvement qui a lieu.

### *De la Déperdition de l'Électricité par l'air et par les supports.*

146. Pour un même état de l'air, la

perte de l'électricité est toujour
tionnelle à la densité électriqu

Ex. Si l'on a une sphère, un ellipso
traèdre, etc., quelle que soit leur
le rapport de la force électrique p
force totale est constante. Ainsi,
corps qui aurait perdu la 40e partie d
tricité en une minute, perdrait enco
partie de ce qui lui reste dans la n
vante, et ainsi de suite.

147. La nature du corps n'i
lement sur la loi du décroisse
l'électricité.

Ex. Des balles de sureau, des boul
vre ou de cire d'Espagne, etc., su
même perte d'électricité par minut
les autres circonstances étant d'aille

148. La perte par l'air est d'au
grande, que le degré de l'hy

est plus rapproché de l'extrême humidité.

Ex. Voici des résultats auxquels est parvenu *Coulomb*, en observant la perte d'électricité qu'éprouvaient de petites balles de sureau exposées à de l'air inégalement humide.

| Hygromètre. | Humidité. | Perte par min. |
|---|---|---|
| 69° | 0,46 | 0,0167 |
| 75 | 0,54 | 0,0244 |
| 80 | 0,61 | 0,0345 |
| 87 | 0,73 | 0,0714 |

La seconde colonne représente la quantité d'eau qu'un pied cube d'air tient en dissolution ; et la troisième, la perte d'électricité par minute.

149. Plus la perte par l'air est considérable, plus la perte par les supports l'est aussi.

Ceci tient surtout à l'humidité répandue dans l'air et qui s'attache aux supports.

**150. Le décroissement de l'électricité par des supports mauvais conducteurs, se ralentit à mesure que l'intensité de la force répulsive s'affaiblit.**

Ex. Un corps fortement électrisé et suspendu à un fil de soie, fait une perte par ce support; mais cette perte diminue à mesure que l'intensité électrique s'affaiblit, de sorte qu'il arrive une limite où le fil de soie isole parfaitement.

**151. L'intensité électrique, pour laquelle un fil de soie, un cheveu ou tout corps cylindrique très-fin de substances peu conductrices commence à isoler, est proportionnelle à la racine carrée de la longueur, tant que l'état de l'air ne change pas.**

Ex. Si un fil de soie, d'un pied de longueur, commence à isoler un corps dont l'intensité électrique est 1; ce même fil, étant quatre fois aussi long, isolerait de la même manière ce

corps dont l'intensité électrique serait 2, ou double de ce qu'elle était d'abord.

Tous les résultats qui précèdent sont dus aux recherches de *Coulomb*.

## CHAPITRE IV.

### DE L'ÉLECTRICITÉ ACCUMULÉE ET DE SES EFFETS MÉCANIQUES.

### *De l'Électrophore et du Condensateur.*

**152.** Plusieurs substances sont susceptibles de retenir l'électricité avec tant d'énergie, que le fluide positif et le fluide négatif qui se trouvent en présence ne peuvent se réunir pour former du fluide naturel.

Ex. L'*électrophore*, instrument inventé par *Wilck* de Stockholm, se compose d'un gâteau résineux dont l'électricité décompose le fluide naturel d'un *couvercle* ou disque métallique et paralyse la partie de nature opposée à la

sienne, en permettant de soutirer l'autre avec le doigt (129).

153. L'électrophore serait un réservoir parfait d'électricité, si la résine était absolument non conductrice.

Ex. Non-seulement l'électrophore, au bout de plusieurs mois, opérerait avec la même énergie qu'au premier jour; mais par des contacts successifs, on pourrait tirer une suite d'étincelles sans rien changer à son état. Au lieu d'un gâteau de résine, on peut employer un disque de verre; on a seulement cette différence que la résine s'électrise ordinairement d'une manière négative, et le verre d'une manière positive.

On a utilisé l'électrophore dans les cabinets de chimie et dans la lampe électrique à courant d'hydrogène.

154. Le peu de conductibilité du gâteau de l'électrophore, permet d'y déposer à la fois du fluide positif et du

fluide négatif, sans qu'il y ait recomposition de fluide naturel.

Ex. *Lichtenberg* a rendu ce fait très-évident par une expérience ingénieuse. Il répand sur le gâteau, électrisé partiellement de deux manières un mélange de soufre et de minium ou oxide de plomb bien pulvérisé : le soufre se porte aussitôt vers le fluide positif, et le minium vers l'électricité résineuse, et il se forme des espèces de dendrites.

155. Le *condensateur* ne diffère de l'électrophore qu'en ce que le plateau inférieur est formé par une substance assez conductrice pour que son fluide naturel soit décomposé par une faible quantité d'électricité que reçoit le plateau métallique ; il doit opposer, d'une autre part, assez d'obstacle au mouvement de l'électricité pour que le fluide du plateau métallique qu'il attire à lui ne puisse pas pénétrer dans son intérieur.

Cet instrument, inventé par *Volta* en 1782, sert à rendre sensibles les faibles degrés d'électricité qu'on dépose par des contacts successifs sur le couvercle ou *plateau collecteur*.

On fait aussi communiquer le plateau inférieur avec l'électromètre de *Bennet* ou de *Volta* (121) pour former l'*électromètre condensateur*.

156. L'électricité du plateau collecteur l'emporte de beaucoup sur l'électricité du plateau inférieur qu'elle chasse dans le sol; de sorte qu'il reste toujours sur le plateau collecteur un excès d'électricité.

Ex. On approchera l'un ou l'autre plateau d'un pendule, ayant d'avance une électricité connue, pour mesurer les charges. On ne peut donc pas charger indéfiniment un condensateur.

157. On nomme *force condensante* le rapport qui existe entre la quantité d'é-

lectricité qui se trouve sur le plateau collecteur à la limite, quand il fait partie du condensateur, et celle qui s'y trouverait s'il était isolé.

### *De la Bouteille de Leyde et des Batteries électriques.*

158. Quelquefois le collecteur ou condensateur n'est qu'une feuille métallique ; et le plateau est une lame de verre garnie inférieurement d'une feuille également métallique. L'électricité du collecteur agit alors par influence à travers le verre (130), et l'instrument prend le nom de *carreau fulminant*, de *bocal électrique* ou de *bouteille de Leyde*, selon la forme qu'on lui donne.

La bouteille de Leyde fut découverte en 1746 par *Musschenbroeck*. La commotion forte et instantanée que fait éprouver la décharge de

cet instrument, au même instant, à plusieurs personnes qui se tiennent par la main, pique vivement la curiosité. Pour varier l'expérience, on fit des cannes électriques, des électricités de poche, des bouteilles et des tableaux garnis d'aventurine, pour produire des éclairs, des jarres à zones métalliques, afin de produire plusieurs décharges, etc.

Dans l'électrophore, le condensateur, et le carreau fulminant, on a la combinaison d'un collecteur métallique avec un conducteur mauvais, médiocre et excellent.

159. Les conditions essentielles pour que la bouteille de Leyde puisse être chargée, sont : 1° que le verre qui sépare les deux garnitures métalliques ne soit point fêlé ou percé; 2° que les deux garnitures n'aient aucune communication ; 3° que la garniture qui n'est pas en communication avec le conducteur, le soit avec le sol.

Ex. Le fluide naturel rentre dans le sol à travers les plus petits interstices du verre ; ou par l'extérieur, si le verre est humide. Une bouteille, pendue par son crochet au conducteur de la machine, ne se charge pas si elle n'a communication avec le sol.

160. On peut charger à son gré positivement ou négativement la garniture intérieure d'une bouteille, en mettant en contact avec le conducteur de la machine, soit le crochet, soit la garniture extérieure de la bouteille.

Ce moyen est commode pour se donner des électricités différentes afin de produire les figures de *Lichtenberg* sur l'électrophore.

161. Le verre qui sépare les garnitures, doit avoir une épaisseur subordonnée à deux conditions : 1° s'il est trop épais la force condensante sera faible (157); 2° s'il est trop mince, l'électri-

cité le percera (158) par *explosion spontanée*.

162. Dans la bouteille de Leyde et le carreau fulminant, la charge électrique appartient au verre et non à l'armure.

Ex. On peut enlever les garnitures métalliques l'une après l'autre, sans enlever l'électricité du verre, et en remettre d'autres de même grandeur. *Deparcieux* a imaginé un vase pour montrer la théorie de la bouteille de Leyde.

163. On peut décharger une bouteille de Leyde, soit par une forte étincelle, en mettant en contact les deux garnitures, soit par différentes étincelles, au moyen des *contacts successifs*.

Dans le premier cas, la bouteille n'est pas encore entièrement déchargée, parce qu'un des fluides est toujours en excès (156) et que le verre retient, à ce qu'il paraît, un reste d'électricité qui se dégage plus lentement; dans le second

cas, en touchant successivement les deux garnitures, la diminution de tension suit une progression géométrique.

164. L'effet de la décharge de la bouteille de Leyde est d'autant plus énergique que sa surface est plus étendue.

165. La bouteille de Leyde montre fort bien comment l'air se comporte dans les phénomènes électriques (132).

Ex. Si l'on place sous le récipient de la machine pneumatique, une bouteille fortement chargée, les électricités se réuniront avant que le vide soit formé. Le matras lumineux de *Nollet* met aussi en évidence les effets de l'air.

166. Dans la charge par *cascade*, la tension d'une bouteille à l'autre diminue en progression géométrique.

Ex. Suspendez une bouteille au conducteur d'une machine, attachez ensuite le crochet d'une seconde bouteille à sa garniture exté-

rieure, et ainsi de suite. Si la charge de la première est représentée par 16 et celle de la seconde par 8, celle de la troisième le sera par 4, celle de la quatrième par 2, etc.

167. Après avoir chargé plusieurs bouteilles par cascade, si l'on met en communication l'armure extérieure de la dernière avec l'armure intérieure de la première, la commotion sera moins forte qu'avec une seule bouteille (156).

La commotion devient considérable, si, après avoir rangé les bouteilles chargées, sur un même conducteur, et mis en communication les garnitures extérieures, on provoque l'explosion (164).

168. Pour produire de grands effets électriques, on réunit plusieurs bouteilles de Leyde, et l'on met en communication d'une part les garnitures intérieures, et de l'autre les garnitures extérieures.

Un pareil système se nomme *batterie* électrique (164).

La construction de la batterie se rapporte à ce qui a été dit pour les bouteilles chargées par cascade (167) : il n'y a de différence que dans la manière de charger. L'explosion d'une batterie électrique peut devenir dangereuse ; aussi pour la produire se sert-on d'un excitateur. Les oiseaux et les petits animaux sont tués sur-le-champ par une décharge de quelques bouteilles. C'est ici surtout qu'il faut faire usage de l'électromètre. *Mauduit* a proposé un instrument commode, pour faire que la charge ne dépasse pas une limite donnée. Ce même instrument montre aussi l'utilité dont sont les garnitures de taffetas autour du plateau. Elles font qu'il faut tourner moins long-temps pour obtenir la même charge ; il peut y avoir économie d'un tiers en temps.

## *Des Effets mécaniques de l'Électricité.*

169. La décharge d'une forte batterie

peut produire l'inflammation de
tes substances ; il suffit même q
fois d'une simple étincelle él
pour produire le même effet.

Ex. Une étincelle produit l'inflamm
l'éther et de l'alcohol échauffé dans u
métallique ; celle d'un mélange d'ox
d'hydrogène qui forme de l'eau dans l'
tre et dans le pistolet de *Volta*, etc.
riences réussissent mieux avec une bo
Leyde. On enflamme aussi de cette ma
coton garni de colophane, le phosph
Avec une forte batterie on enflamme la
on oxide le fer contenu dans le crayon
charpentiers, on réduit en poussière et
les fils de fer, d'argent, etc., ainsi que
les d'or. Si les fils métalliques sont tr
le phénomène n'a pas lieu ; il faut qu
conducteurs *insuffisans*, c'est-à-dire
ces pour suffire à conduire toute la ch
trique en même temps.

La curiosité a fait imaginer encor
et l'artillerie de *Volta*, les cavaliers et

électriques, les chandeliers ou bougies électriques, le mortier par lequel une bille est chassée rapidement par l'évaporation instantanée de l'éther, la presse électrique, ou le portrait de *Franklin*, pour la volatilisation de l'or qui laisse une empreinte sur la soie.

Quelques physiciens pensent que le dégagement de chaleur et de lumière, est en partie le résultat de la combinaison des deux électricités différentes et celui de la compression de l'air. Nous verrons plus loin des expériences à l'appui de cette opinion (170).

**170.** Les corps divers éprouvent une compression très-vive, quand ils sont traversés par une forte décharge électrique (127).

Ex. Le verre et les cartes se trouvent percés, le bois sec est déchiré, l'eau jaillit au loin dans le tube de compression ou thermomètre de *Kinnersley*, ainsi que dans l'expérience de la trombe électrique. *Trémery*, en perçant des cartes, a remarqué que le fluide positif traverse plus facilement l'air, et traverse les cartes

en face de la pointe qui donne le flui
dans le vide, il paraît que le trou se
distance des deux pointes.

171. L'électricité facilite l
ment de circulation des liquid

Ex. L'eau s'échappe avec rapidité
geant par de petits tuyaux capillai
ne passait d'abord que difficileme
dans les arrosoirs et fontaines élect
personne électrisée et montée sur
verse de cette manière de l'eau
dans un autre vase de verre, d'où l'o
tirer des étincelles; on peut mê
chaîne, faire passer l'électricité de
vase dans un second, ou déterminer
d'un pistolet de *Volta*.

172. Les décharges électr
de puissans moyens pour les
tions et décompositions chimi

Ex. La composition de l'eau dan

tre, et sa décomposition dans l'appareil de *Van Troostwick*, en offrent des exemples curieux et utiles.

173. Les bouteilles de Leyde donnent le moyen de répéter différentes expériences de physique plus facilement que par la simple étincelle.

Ex. Les jeux du carillon électrique, de l'araignée, de la balançoire, du moulinet, des pointes, etc. (125 et 145).

## CHAPITRE V.

### DE L'ELECTRICITÉ DE L'ATMOSPHÈRE.

### *De l'Électricité de l'Air et des Nuages.*

174. Par un temps sec et serein, l'atmosphère est en général chargée d'électricité positive, et la quantité de cette électricité va en croissant à mesure que l'on s'éloigne de la surface du globe.

Ex. Les feuilles d'or d'un électromètre, surmonté d'une pointe, divergent à mesure qu'on l'élève dans l'atmosphère ; elles divergent encore, si, à l'exemple de *Saussure*, on lance en l'air une boule métallique attachée à un fil conducteur très-fin qui communique par l'autre extrémité avec le bouton de l'électromètre.

175. Les couches supérieures de l'atmosphère paraissent en général positives relativement aux inférieures.

Ex. Ce fait a été vérifié par MM. *Gay-Lussac* et *Biot*, dans leur voyage aérostatique.

176. Les nuages peuvent être considérés comme d'immenses conducteurs, isolés au milieu de l'atmosphère sèche dans laquelle ils sont suspendus.

Ex. *Franklin*, en 1752, ayant lancé vers un nuage électrisé, un cerf-volant armé d'une pointe, en soutira des étincelles très-vives, lorsque le fil eut été mouillé par une pluie qui

survint pendant l'expérience. Ces essais dangereux furent répétés par *Dalibard*, *Romas*, *Charles*, etc. *Canton* plaça au-dessus du support isolant de son électromètre, un chapeau de métal pour le garantir de la pluie, et il se servit du carillon électrique (125), pour être averti de la présence de l'électricité. Ces expériences doivent être faites avec les plus grandes précautions. Le physicien *Ricmann* fut tué à côté de ses appareils.

177. Les nuages peuvent être électrisés par le fait même de l'évaporation de l'eau; par les états électriques dans lesquels se trouvaient les lieux où les vapeurs ont pris naissance, ou par d'autres causes encore que l'on n'a pu bien apprécier jusqu'à présent.

Ex. On doit à M. *Pouillet* des recherches très-
rieuses sur l'origine de l'électricité de l'air.
s recherches l'ont conduit aux conclusions
vantes : 1° la simple évaporation lente ou ra-
e ne donne jamais de signe d'électricité;

2° les dissolutions alcalines de soude, potasse, baryte, strontiane, etc., quelque peu concentrées qu'elles soient, donnent de l'électricité; l'alcali qui reste après l'évaporation de l'eau est électrisée positivement; 3° les autres dissolutions de sels ou d'acide donnent pareillement de l'électricité, et le corps combiné avec l'eau prend alors l'électricité résineuse. On voit que puisqu'il n'y a, à la surface de la terre, ni des lacs, ni des mers d'eau parfaitement pure, puisque partout où est cet élément si universel, il y est en combinaison, il faut bien qu'il se dégage de l'électricité toutes les fois qu'il s'exhale pour aller former les vapeurs parfaitement pures de l'atmosphère.

178. 1° Deux nuages chargés de même électricité se repoussent (121); 2° s'ils sont chargés d'électricités différentes, ils s'attirent et leurs fluides se recombinent avec explosion (124); 3° il y a encore explosion entre un nuage électrisé et un autre à l'état naturel (127).

L'explosion aux yeux d'un spectateur éloigné, présente trois circonstances : 1° l'*éclair* ou lueur vive ; 2° la *foudre* ou trait de feu qui suit dans l'espace une marche anguleuse ; 3° le *tonnerre* ou bruit variable qui présente tantôt un simple *éclat*, tantôt un *roulement* qui paraît dû à des réflexions produites par les surfaces des nuages et qui constituent de véritables échos (I, 324). On peut, en comptant le nombre des secondes écoulées entre la lumière et le bruit, estimer la distance du lieu de l'explosion (I, 320). Il ne peut plus exister de danger pour la personne qui a vu l'éclair.

179. Quand un nuage électrisé s'approche de la terre, il agit sur elle comme sur un grand nuage qui serait à l'état naturel ; et il peut en résulter une étincelle qui vienne frapper les corps placés à la surface du globe.

On dit alors que *le tonnerre tombe* ; les effets sont des plus terribles et surpassent de beaucoup ceux qu'on peut obtenir par des batteries. Ces

effets peuvent être variés de différentes manières ; un des plus remarquables est celui qu'on connaît sous la désignation du *choc en retour*.

180. Les pluies abondantes qui accompagnent les orages, les font complétement cesser, en rétablissant l'équilibre électrique entre la terre et les nuages (118).

La grande quantité d'eau qui tombe souvent à la suite d'un violent coup de tonnerre, a fait croire aussi que ce phénomène pouvait être assimilé à ce qui se passe dans l'eudiomètre et le pistolet de *Volta* (169).

181. Par une température élevée, on aperçoit souvent des lueurs plus ou moins vives qu'on nomme *éclairs de chaleur*, et qui ne sont accompagnées d'aucun bruit. On a pensé : 1° que ces lueurs proviennent d'étincelles électriques trop éloignées pour que le son parvienne

jusqu'à nous; 2° que ce sont les irradiations de nuages isolés et surchargés d'électricité; 3° que c'est l'électricité de l'air qui se dissipait aux dernières limites de l'atmosphère (132).

Ex. On montre les irradiations produites par des corps surchargés d'électricité, au moyen du carreau étincelant et de la bouteille de Leyde garnie d'aventurine, et les lueurs produites par l'électricité qui se dissipe dans le vide par des instrumens dont nous avons parlé plus haut (132 et 165).

### *Effets de l'Électricité sur l'économie végétale et animale.*

182. L'électricité paraît favoriser dans les plantes la circulation de la séve.

Ex. *Jallabert* de Genève, en électrisant des oignons de jacinthes et de jonquilles, et *Mimbrai* d'Édimbourg, en électrisant des myrthes,

observèrent une végétation beaucoup p
pide. Ces effets peuvent s'expliquer p
principe posé plus haut (171).

183. L'électricité favorise la tr
ration des animaux et ranime le j
fibres engourdies.

Ex. En électrisant de différentes mar
on peut produire des effets variés :

1° Un individu est électrisé *par bain*,
il communique avec le conducteur d'u
chine en mouvement et qu'il est isolé ou
en communication avec le sol. Il n'é
alors aucun effet sensible, et même, d
dernier cas, il peut quelquefois être t
impunément par la foudre. L'électrisat
bain, long-temps continuée, produit de
de tête, des agitations et des insomnie

2° On électrise *par pointes* ou *par aig*
en soutirant par une pointe plus ou moi
rée, le fluide d'une personne électris
effets sont les mêmes que précédemmen
on détermine le fluide à passer par les
du corps dont on approche la pointe.

3° On électrise *par étincelles*, en soutirant le fluide par un conducteur arrondi. Les étincelles produisent un sentiment de piqûre, même à travers les habits, et elles peuvent produire une inflammation de la peau : elles agissent principalement sur le système musculaire.

4° On électrise *par commotion*, au moyen de la bouteille de Leyde. La secousse se fait surtout sentir dans les articulations des doigts, des poignets, des coudes, dans les épaules et même dans la poitrine, etc. Ses effets peuvent devenir dangereux; il est bon de se servir de l'appareil de *Mauduit* (168).

La foudre fait périr les animaux, soit en lésant les organes, soit en paralysant le système nerveux. La putréfaction s'opère très-promptement, car le fluide électrique est un puissant agent de décomposition (172).

184. Toutes choses égales d'ailleurs, les secousses intérieures sont beaucoup plus violentes quand elles proviennent de la faible charge d'une grande bou-

teille que d'une charge plus forte d'
petit appareil.

185. L'électricité n'agit pas avec
même énergie sur tous les individus.

Ex. Quand plusieurs personnes forment
*chaîne*, les unes sont vivement affectées de
commotion, tandis que d'autres y sont à pe
sensibles.

## *Des Paratonnerres.*

186. Les *paratonnerres* sont des v
ges métalliques, dont une des extrém
tés communique avec le sol; et d
l'autre, terminée en pointe, déchar
les nuages électrisés (142).

Ex. La *tige* d'un paratonnerre est une ba
de fer carrée, amincie de sa base à son somm
Sa hauteur est de 7 à 9 mètres (21 à 27 pied
et son côté, vers la base, est de 54 à 60 mi
tres (24 à 26 lignes). Pour empêcher l'oxi

tion de la pointe, on attache à la partie supérieure une tige conique de cuivre jaune dorée, d'environ 55 centim. (20 pouces); ou mieux encore, une aiguille de platine de 5 centim. (2 pouces) de longueur. Le conducteur qui met en communication la tige fixée sur l'édifice avec le sol, est formé de quatre torons, formés chacun de 15 fils de fer et entourés d'une couche de goudron pour prévenir l'oxidation. Ce conducteur se replie le long du toit et ensuite le long du mur; il s'enfonce alors dans un puits de 4 à 5 mètres (12 à 15 pieds); si l'on ne rencontre pas d'eau, on le fait passer en terre par un auget rempli de charbon de bois pour éviter la rouille. Il est terminé à son extrémité par trois ou quatre racines, pour faciliter la perte de l'électricité.

On a imaginé des paratonnerres portatifs; on a adapté aussi des paratonnerres aux vaisseaux.

187. Il est bon de faire communiquer avec le paratonnerre, les pièces métalliques un peu considérables qui peu-

vent se trouver sur le toit q
protéger.

188. Il faut éviter les sol
continuité que peuvent prés
conducteurs des paratonnerre

Ex. Dans les cabinets de physiqu
tre d'une manière amusante et in
nécessité d'une parfaite continuité
de la pyramide, ou bien encore
électrique et de la maison du tonn
lesquels on place un pistolet de *Vo*

189. L'expérience montre
ratonnerre protége contre la
espace circulaire d'un rayon
sa longueur.

Ex. Un édifice de 32 mètres se
par un paratonnerre de 8 mètres d
et un édifice de 20 mètres n'exiger
sûreté, qu'un paratonnerre de 5 m

En rase campagne, il faut se
placer sous un arbre ; il est bon d

éloigné de 5 à 6 mètres. Dans un appartement, il faut s'éloigner des cheminées et se tenir dans une encognure opposée aux croisées, loin des ferremens de toute espèce un peu considérables. On peut encore se placer sur un corps isolant, comme des matelas, etc. Les cheminées sont dangereuses à cause de leur élévation et de la suie qui conduit mieux que le bois sec, la pierre ou la brique. Des vêtemens de soie isolent assez bien.

190. Si l'on doit protéger un édifice par plusieurs paratonnerres, à cause de sa grande étendue, il suffira d'un conducteur commun pour chaque paire de tiges ; et on rendra tous ces paratonnerres solidaires, en établissant une communication intime entre les pieds de toutes leurs tiges.

191. On doit toujours faire parvenir la foudre depuis la tige du paratonnerre jusque dans le sol, par la voie la plus courte.

192. On place aussi latéralemen un bâtiment isolé, des paratonner pour les préserver de la foudre app par des lambeaux de nuages chassé des coups de vent.

Obs. La plupart des détails précéden empruntés à l'instruction sur les paratom adoptée par l'Institut de France, 1823.

*Des Météores électriques.*

193. Des physiciens ont attribu formation de la *pluie* et le bruit du nerre à la combustion rapide du hydrogène (169 et 180); d'autres sent que les vapeurs vésiculaire l'état électrique, par le contact ave autre nuage, ou par la communic avec le sol, se rapprochent tout à et produisent la pluie (84).

Obs. *Monge* a observé que la foudre accompagne ordinairement la formation subite d'un grand nuage ; le bruit du tonnerre proviendrait de la rapidité avec laquelle les couches d'air avoisinantes viennent remplir le vide qui s'est formé ; et le roulement aurait lieu, quand il se fait des vides de proche en proche (178). Quant à la première opinion, il est à remarquer que l'analyse de l'air ne montre pas la présence de l'hydrogène.

Les pluies ordinaires semblent provenir d'un air surchargé de vapeur, eu égard à sa température. Si le refroidissement a lieu dans les hautes régions, la vapeur condensée se convertit en *neige* dont les flocons offrent des étoiles à six rayons.

194. La *grêle*, dont l'origine est assez semblable à celle de la neige, paraît due à un refroidissement subit : elle présente de petits glaçons qui se sont grossis soit pour avoir été successivement réfléchis par deux nuages électrisés différemment, à travers une cou-

che d'air humide, soit, selon quelques physiciens, pour avoir rencontré dans leur chute de nouvelles gouttes liquides qui se sont congelées autour d'eux.

Obs. La première explication est due à *Volta* (125). C'est sur cette explication qu'est fondée la théorie des paragrêles, qui sont de véritables paratonnerres.

195. Il paraît que les *trombes* sont formées par des nuages fortement électrisés qui se trouvent peu élevés au-dessus de la surface de la terre. La partie la plus voisine est attirée alors avec beaucoup d'énergie et s'alonge en descendant ; quand le phénomène a lieu en mer, les eaux se soulèvent avec violence vers le nuage (122).

Ex. *Brisson* a reproduit le phénomène en petit, en suspendant au-dessus de l'eau un conducteur électrisé.

196. On attribue encore aux phénomènes électriques, la formation des *aurores boréales* (181); de même que celle des *étoiles filantes*, *des feux St.-Elme*, etc.

## CHAPITRE VI.

### DE L'ÉLECTRICITÉ PAR CONTACT (GALVANISME).

### *Des Effets électriques de différentes substances mises en contact.*

197. Deux corps de nature différente, étant mis en contact, prennent des états électriques opposés.

Ex. Deux disques, l'un de zinc et l'autre de cuivre, étant mis en contact, s'électrisent mutuellement, comme on peut s'en assurer ensuite au moyen de l'électromètre. L'expérience devient plus concluante, quand les deux métaux sont soudés ensemble.

198. Si l'on tient à la main
reau de zinc à l'extrémité du
soudé un barreau de cuivre qu
en communication avec le pla
cuivre d'un condensateur, on
quera des signes électriques.

La charge d'électricité que le pla
lecteur acquiert, ne dépend pas de
des surfaces de contact du cuivre et
mais seulement de la force répulsive
tromotrice qu'exerce l'électricité lo
est en équilibre à ces surfaces.

199. Si l'on tient à la main le
et si l'on touche avec le zinc le
du condensateur, il n'y aura pl
gnes électriques, à moins qu'o
pare ces deux derniers métaux
feuille de papier humide, ou
autre corps semblable.

Ex. C'est à ce principe qu'il faut
les premières expériences galvanique

*Sulzer*, en 1767, fit connaître qu'en interposant la langue entre une lame d'argent et une autre de zinc, qu'on mettait ensuite en contact, on éprouvait une saveur piquante, accompagnée quelquefois d'une lueur qui passe devant les yeux. Les effets sont d'autant plus énergiques que les métaux sont plus éloignés dans cette série : or, argent, cuivre, fer, étain, plomb, zinc.

*Cotugno*, en 1786, rapporta qu'un de ses élèves, en disséquant une souris sur une table, reçut une commotion électrique très-forte en touchant, avec son scalpel, le nerf diaphragmatique.

*Galvani*, en 1789, ayant suspendu à son balcon, par la moelle épinière et au moyen d'un crochet de cuivre, une grenouille fraîchement écorchée, aperçut des contractions musculaires à chaque contact contre les barreaux de fer du balcon. Les contractions se reproduisaient quand on plaçait la grenouille sur une plaque de fer, et qu'on mettait ce métal en communication avec le crochet de cuivre. On enveloppe encore les nerfs lombaires d'une petite feuille de zinc ou de cuivre, et l'on place la grenouille

ainsi préparée sur un support isolant ; on provoque alors les convulsions, en faisant communiquer, au moyen d'un conducteur métallique, les muscles des cuisses et l'armature des nerfs. Enfin *Galvani* obtint encore les mêmes effets par le seul contact des muscles et des nerfs de l'animal même (197).

200. Les organes d'une grenouille fraîchement écorchée sont des substances électroscopiques d'une susceptibilité extrême.

Ex. Ces organes éprouvent des convulsions dans le voisinage d'un conducteur électrique ordinaire dont on soutire des étincelles ; et, en général, toutes les fois qu'ils conduisent même les plus faibles charges d'électricité.

201. Toutes les subtances ne jouissent pas au même degré de la faculté de séparer leurs électricités naturelles, quand on les met en contact. Les unes, comme les métaux hétérogènes, possèdent cette

faculté d'une manière très-prononcée ; les autres, comme l'eau pure, les dissolutions salines, les acides étendus d'eau, etc., en sont presqu'entièrement dépourvues.

Ex. Qu'on remplisse des liquides précédens un tube de verre fermé inférieurement par un bouchon de cuivre ; ce bouchon ne donnera pas de signe d'électricité. *Laplace* et *Lavoisier*, en mêlant de la limaille de fer et plusieurs kilogrammes d'acide sulfurique, ont pu charger assez fortement un condensateur. Mais on a observé que l'électricité avait pu être développée par une autre cause que le contact.

202. Les liquides sont très-propres à transmettre l'électricité développée par l'action réciproque de deux métaux, sans l'affaiblir par leur contact.

Ex. Qu'on place un disque de zinc sur un disque de cuivre qu'on tient à la main ; le cuivre sera à l'état naturel, et le zinc sera couvert d'électricité positive (197). Si l'on place alors

sur le zinc un nouveau disque de cuivre, ce cuivre sera aussi à l'état naturel, mais il se chargera de la même électricité que le zinc, si l'on détruit le contact et si l'on interpose, entre les deux métaux, une couche liquide conductrice (199). Cette expérience fondamentale a donné l'idée de la pile de *Volta*.

**203. Des conducteurs métalliques qui ont servi à transmettre dans un liquide un courant électrique, donnent encore pendant quelque temps des signes élecques comme le feraient deux élémens d'un couple.**

Ex. M. Aug. *Delarive* a trouvé que deux fils de platine, après avoir transmis, pendant 4 à 5 minutes, un courant électrique au travers d'un liquide conducteur, ont manifesté un courant qui a duré quelques instans, au moment où ils ont été plongés dans le même liquide ou dans un autre liquide conducteur.

## *De la Pile voltaïque.*

204. La pile *voltaïque* ordinaire est un assemblage de plusieurs couples de disques métalliques, qui sont séparés les uns des autres par des conducteurs humides. Chaque couple est ordinairement formé d'un disque de cuivre et d'un autre de zinc.

La pile peut être isolée, ou bien on peut la mettre en communication avec le sol.

Obs. La forme de la pile a été variée de différentes manières. Ainsi l'on a des piles à colonnes et disques, à auges, à vases, à couronnes de tasses, à deux faces ou de *Wollaston*, à grande surface ou en hélice, etc. On préfère ordinairement employer le zinc et le cuivre : 1° parce qu'on se procure facilement ces métaux; 2° parce qu'ils séparent plus d'électricité que la plupart des autres corps. On soude la

pièce de zinc à la pièce de cuivr
*paire* ou *un élément de la pile*. Les
vent être rondes ou carrées; on p
cer de *champ*, pour éviter l'écou
quide. Les pôles de la pile sont
positif, à l'extrémité zinc; l'aut
l'extrémité cuivre.

205. L'effet des conducteu
se borne sensiblement à
fluide électrique d'un coup
ainsi, deux plaques séparées
ducteur humide, ont la m
électrique (133).

Obs. L'eau pure conduit moins l
chargée de sel ou d'acide, et surt
lange d'acide nitrique et d'un peu
rique (225).

206. La différence de la c
trique entre deux pièces en
constante dans toute l'étendu

que ces pièces se trouvent à l'état naturel ou non.

Ex. Dans une pile formée de six couples qui communique au sol par l'extrémité cuivre, les états électriques seront, en représentant par 1 l'excès d'électricité positive qu'un disque zinc a sur le disque cuivre avec lequel il est en contact :

Pour le cuivre 0, 1, 2, 3, 4, 5;
Pour le zinc 1, 2, 3, 4, 5, 6.
Si la pile était isolée, on aurait :
Pour le cuivre — 3, — 2, — 1, 0, 1, 2;
Pour le zinc — 2, — 1, 0, 1, 2, 3.

Ces résultats peuvent être vérifiés par la balance de *Coulomb ;* on les trouve un peu modifiés par le défaut de conductibilité parfaite des liquides.

*Volta* a trouvé que, si on range les métaux dans l'ordre suivant : argent, cuivre, fer, étain, plomb, zinc, chacun d'eux deviendra positif avec celui qui précède, et négatif avec celui qui suit ; et que si, entre deux de ces métaux,

on en interpose plusieurs autres, les
trêmes seront toujours dans le mêm
s'ils se touchaient immédiatement.
déduit de considérations chimique
suivante, dans laquelle chaque cor
tif à l'égard du précédent.

| | |
|---|---|
| Or. | Cobalt. |
| Iridium. | Bismuth. |
| Rhodium. | Étain. |
| Platine. | Plomb. |
| Palladium. | Fer. |
| Mercure. | Cadmium |
| Argent. | Zinc. |
| Cuivre. | Manganès |
| Nickel. | |

207. Dans un élément de
quantité d'électricité répandu
que surface, est proportionne
étendue; quant à la tension
que (133), elle paraît constan
que soit l'étendue de ces surfa

Ex. Qu'on fasse deux élémens circ

décimètre et d'un centimètre de rayon, la tension électrique sera la même pour les deux élémens, mais la quantité d'électricité développée sera comme les surfaces ou comme 100 est à 1.

208. Quand la pile est isolée : 1° deux élémens également distans des extrémités, ont des charges égales, mais d'électricités différentes ; 2° la quantité d'électricité positive, développée dans toute l'étendue de la pile, est égale à la quantité d'électricité négative (206).

209. Quand une pile communique avec le sol par l'extrémité cuivre : 1° tous les élémens sont à l'état d'électricité positive ; 2° la quantité d'électricité développée dans toute l'étendue de la pile, est proportionnelle au carré du nombre des couples.

Quand la pile communique au sol par l'extrémité zinc, on obtient les mêmes résultats, mais l'électricité est négative.

Dans les deux cas, la piè
tact avec le sol est à l'état nat
tension la plus forte est à l
opposée.

210. Que la pile soit ou no
munication avec le sol, la diff
états électriques d'une extrém
tre est la même (206).

*Des Effets physiques et chim*
*Pile voltaïque.*

211. La pile est sans act
corps qui ne sont pas condu
fluide électrique.

Ex. Les gaz, les huiles, les grais
le soufre solide, la peau bien sèch

212. Les phénomènes que
pile, quand on met en com
ses pôles, sont analogues à

bouteille de Leyde, ou plutôt à ceux d'une suite de bouteilles chargées par cascade, avec cette différence cependant que la pile répare instantanément les pertes qu'elle vient de faire et qu'il s'établit un courant électrique continu.

Ex. Si l'on touche, avec des doigts mouillés, les extrémités d'une pile, on reçoit une commotion et l'on éprouve ensuite une sensation convulsive continue. Plusieurs personnes peuvent éprouver la même sensation en formant la *chaîne* (158). Deux fils placés à une même extrémité de la pile se repoussent; ils s'attirent et étincellent s'ils communiquent aux extrémités opposées (131). Ils peuvent encore enflammer le gaz, brûler une feuille d'or, etc. (169). On charge un électromètre, un condensateur ou une bouteille de Leyde, en mettant le bouton en communication avec une extrémité de la pile. M. *Biot* a observé que la charge était moins grande qu'elle ne devrait l'être, quand la pile était isolée; ce qui l'a porté à croire qu'il y avait de l'électricité dissimulée qui ne pouvait pas

circuler dans ce cas. L'or, le platine, etc., rougissent et brûlent quand on les réduit en fils ou en feuilles très-minces. D'après l'observation de MM. *Hachette* et *Thénard*, le charbon rougit sans changer de poids. M. *Davy* a cru devoir modifier, d'après cette observation, la théorie de la combustion de *Lavoisier*.

**213. La pile voltaïque est un des instrumens les plus précieux que l'on connaisse pour les décompositions chimiques.**

Ex. La décomposition de l'eau par *Carlisle* et *Nicholson*; celle de la soude, de la potasse par *Davy*; celle des acides, des sels par *Berzélius* et *Hizinger*, etc.; dans la décomposition de l'eau, l'oygène se porte vers le pôle positif, et l'hydrogène vers le pôle négatif. Quelquefois on emploie une infusion de choux rouge, pour faire cette expérience: quelquefois aussi on mêle à l'eau de l'acétate de plomb, ou du sulfate de cuivre, et le fil négatif se couvre de petites aiguilles métalliques.

214. Dans les décompositions, l'oxigène, l'iode, le chlore, se portent généralement vers le pôle positif et les bases vers le pôle négatif.

Ex. L'oxygène de l'acide sulfurique concentré se porte au pôle positif, et le soufre à l'autre pôle. M. *Davy* a observé que l'affinité chimique pouvait dépendre de la propriété qu'ont les principes des corps de se constituer dans des états électriques opposés plus ou moins grands. Cet habile chimiste est parvenu à préserver les vaisseaux doublés en cuivre de la corrosion, en mettant le cuivre en contact avec des morceaux de fer, de fonte ou de zinc, de distance en distance ; alors l'oxygène se porte sur ces derniers métaux qui sont toujours positifs par rapport au cuivre.

215. La décomposition d'un corps peut voir lieu lors même que ce corps n'est as en contact immédiat avec les deux s de la pile ; il suffit pour que les élé-

mens soient transportés, l'u
positif, l'autre au pôle négati
fils communiquent par une
conductrice quelconque.

Ex. On remplit un premier vase d
potasse et un second d'eau pure; o
muniquer les deux vases, où plong
par du coton mouillé; bientôt l'acide
passe au pôle positif et la potasse au
tif. On obtient le même résultat, en
vase qui contient le sulfate de pota
munication avec deux vases remplis
dans laquelle plongent les fils. Les
plus sensibles ne sont pas affectés
sage des substances décomposées.
compose aussi dans deux vases, en
on établit une communication, so
mouillé, soit par les deux mains.

216. Les effets chimiques
dépendent principalement de
électrique; or, comme la tens
raison directe du nombre de

(209), pour favoriser ces effets, il vaudra mieux multiplier les élémens que l'étendue de leurs surfaces.

Obs. Quand une seule pile n'est pas capable de produire l'effet qu'on désire, on en réunit plusieurs et l'ensemble prend le nom de *batterie*.

217. Les piles à larges plaques ne conviennent que dans quelques cas, et particulièrement dans ceux où l'on veut faire brûler ou rougir des fils métalliques, ou produire des effets qui exigent une grande quantité de fluide.

218. L'absorption de l'oxygène de l'air favorise l'action de la pile, et devient jusqu'à un certain point nécessaire, quand le conducteur humide est de l'eau pure ou une dissolution saline moins énergique qu'un acide.

Ex. Une pile montée sous un récipient, ab-

sorbe l'oxygène de l'air et agit d'
insensible après l'absorption tota
commence son action, si l'on i
l'oxygène sous le récipient. MM. *B*
*vier* ont remarqué encore qu'il se
transport de particules d'oxide de
travers les conducteurs humides,
sur le cuivre.

219. Si l'on met une plaq
que bien polie en communic
l'un des pôles d'une pile e
plonge dans une solution sal
qu'on plonge dans la même
une pointe de platine qui co
avec l'autre pôle de la pile,
se placer perpendiculaireme
sus de la plaque à environ
ligne de distance, il se forr
plaque une succession d'ann
rés dont le centre commun
à la pointe de platine.

M. *Nobili* est parvenu ainsi à exécuter des dessins extrêmement curieux.

## *Des Piles sèches et des Piles secondaires.*

220. On est parvenu à former des piles voltaïques *sèches* dont l'action, à la vérité très-faible, est du moins de très-longue durée.

Ex. M. *Hachette* a remplacé le conducteur humide par une couche de colle de farine mêlée de sel marin. M. *Zamboni* a construit une pile avec des disques de papier doré ou argenté sur une des faces, et recouvert sur l'autre d'une couche d'oxide de manganèse pulvérisé. Une pile semblable peut agir pendant un à deux ans, sans perdre sensiblement de son énergie.

On remarque dans une tourmaline échauffée des effets semblables à ceux d'une pile sèche.

221. Les piles *secondaires* sont for-

mées de disques d'un mêm
alternant avec des rondelle
humide ; sans pouvoir dévelop
tricité par leur action propre
susceptibles d'être chargées
partie d'un circuit voltaïque ;
on les en sépare, le courar
manifestent, marche en sens
de celui qui les traversait
ment.

Ces piles ont été imaginées par
elles portent le nom.

222. Quels que soient les ch
qu'on fasse subir dans l'ordre
position d'un certain nombre
métalliques, alternant avec d
de drap humide, on ne cha
la tension de l'électricité accu
extrémités de la pile seconda
qu'elle a séjourné un temps
un même circuit.

223. Toutes choses égales, la tension électrique aux pôles d'une pile secondaire est proportionnelle au nombre des alternatives de cette pile.

224. En transportant les rondelles humides d'une pile secondaire, récemment chargée, entre les disques métalliques d'une colonne semblable à la première, cette nouvelle colonne ne donne aucun signe d'électricité. Au contraire, si l'on remplace les rondelles humides d'une pile secondaire actuellement chargée, par d'autres rondelles humides qui n'ont pas subi l'action du courant électrique, la pile secondaire n'en reste pas moins chargée, même en essuyant les surfaces métalliques avant d'y interposer de nouvelles rondelles humides.

M. *Mariani* conclut des observations précédentes que la vertu électromotrice des piles

secondaires ne résulte pas d'une résistance c posée au courant voltaïque, comme le supp *Ritter*, mais qu'elle provient des altérations q le courant voltaïque produit dans les surfa des métaux en contact avec les conducte humides, puisqu'en lavant et essuyant ces m taux, ils conservent leur faculté acquise.

## *Des différens Degrés de Conductibil électrique.*

225. En exposant les meilleurs co ducteurs à une source électrique trè faible, on peut reconnaître qu'ils n jouissent pas également de la facul conductrice. On pourrait même dim nuer la force répulsive de l'électrici transmise au point que tous les corp les métaux mêmes, produiraient u isolement parfait (118).

Ex. *Volta*, en mettant en communication l

pôles d'une pile, au moyen d'une bande de papier imbibée d'eau pure, observa que l'intensité des charges électriques allait en diminuant depuis chaque pôle jusqu'au milieu de la bande (221). La décomposition de l'eau distillée diminue et cesse entièrement, quand on sépare suffisamment les fils qui opéraient cette décomposition (213).

Voici les indications des pouvoirs conducteurs de quelques métaux, d'après M. *Becquerel :*

| | |
|---|---|
| Cuivre. . . . . | 100 |
| Or. . . . . | 93,60 |
| Argent. . . . . | 73,60 |
| Zinc. . . . . | 28,50 |
| Platine. . . . . | 16,40 |
| Fer. . . . . | 15,80 |
| Étain . . . . . | 15,50 |
| Plomb. . . . . | 8,30 |
| Mercure . . . . . | 3,45 |
| Potassium. . . . . | 1,33 |

M. *Ohm* a classé les métaux dans l'ordre suivant, en allant du meilleur conducteur au plus

mauvais : cuivre, or, argent, zinc, laito
platine, étain, plomb ; de manière que
vre conduit 10 1/2 fois mieux que le
Cet ordre de faculté conductrice coïncid
le précédent et celui qui a été donné par
*Marum* ; il s'écarte de celui de M. *Chil*

Quant aux liquides, M. *Mariani* a tro
désignant par 100 le pouvoir conduct
l'eau de mer à Venise, et en dissolva
partie de substance dans 100 parties d'e
tillée, les valeurs suivantes :

| | |
|---|---|
| Soude. . . . . | |
| Potasse. . . . . | |
| Sel marin. . . . . | |
| Acide sulfurique. . . . . | 2 |
| Acide nitrique . . . . . | 2 |

Le pouvoir augmente à peu près con
quantité de substance dissoute. Il paraît
représentant par 100 le pouvoir conduct
l'eau de mer à Venise, celui de l'eau di
est 1, et celui de l'alcohol 0,323.

226. La conductibilité des liq

augmente rapidement avec la température ; et, par le refroidissement, cette conductibilité diminue, mais moins vite qu'elle n'avait augmenté ; ce n'est qu'après un temps assez long, que le liquide revient à sa conductibilité primitive. Enfin l'accroissement de conductibilité des liquides avec la température est d'autant moindre qu'ils sont par eux-mêmes plus conducteurs.

227. La faculté conductrice de certains corps pour les deux électricités est inégale ; de sorte qu'en atténuant de plus en plus la force répulsive, on trouve un terme où le corps devient isolant pour l'une, tandis qu'il est encore conducteur pour l'autre.

Ex. M. *Erman* observa qu'en touchant l'un ou l'autre pôle d'une pile isolée, avec un prisme de savon alcalin bien sec, tout se passait comme si le pôle touché eût communiqué avec le sol ;

si l'on fait communiquer ensemble les pôles, par l'intermédiaire du savon, il ne se produira aucun effet, et le savon semble faire l'office d'un corps non conducteur ; mais si l'on touche le savon avec un fil de métal qui communique au sol, la faculté conductrice est rétablie mais seulement pour laisser passer l'électricité négative. La flamme de l'alcohol présente des effets pareils ; mais la disposition conductrice est en faveur de l'électricité positive. M. *Erman* a reconnu des propriétés analogues dans la flamme du phosphore, la gélatine desséchée, l'ivoire, etc. M. *Biot* a fait la même observation pour l'éther sulfurique.

228. Le courant électrique qui s'établit entre les deux pôles que l'on plonge dans un liquide, s'y distribue sous forme de filets qui, divergeant des deux pôles, se disséminent dans toute l'étendue du liquide ; la divergence paraît être d'autant plus grande que le liquide est moins bon conducteur.

229. Si l'on place dans le liquide des

lames de platine, de manière à le séparer en deux compartimens distincts : 1° quelque soit le nombre des lames interposées, l'intensité du courant est diminuée dans une proportion d'autant moindre que le courant lui-même est plus intense ; 2° la proportion dont l'intensité d'un même courant diminue, en traversant chacune des lames interposées, est d'autant moindre qu'il en a déjà traversé un plus grand nombre, de sorte qu'il arrive un moment où il n'éprouve plus de diminution sensible ; 3° plus le nombre des élémens de la pile est considérable, moins, à intensité égale, le courant éprouve de pertes en changeant de conducteur.

230. La transmission de l'électricité d'un métal à un liquide et réciproquement, est d'autant plus facile que le métal est plus attaquable par le liquide.

Ex. Un couple de zinc et de cui
un courant plus fort qu'un couple de
platine, quoique, dans la théorie du
dans la théorie chimique, le contr
avoir lieu, parce que le courant est p
ment transmis dans le liquide, quand
cuivre que quand il sort du platine. Il
dans la construction de la pile, donne
une plus grande surface qu'au zinc,
le courant passe plus facilement du
le liquide qu'en provenant du cuivr
sultats et ceux des deux paragraphes
ont été établis par M. *Aug. De Lariv*

**231.** L'action galvanique se d
même dans un circuit fermé.

Ex. M. *Gay-Lussac*, en plongeant d
sulfurique étendu d'eau, un circuit
cuivre et de zinc, observa que l'hyd
l'eau se portait vers le cuivre, et
vers le zinc. Du fer-blanc, non reco
tain dans toute sa surface, est bien
par suite de l'oxidation du fer. Le cou
trique s'établit à travers le liquide.

# TROISIÈME SECTION.

## DU MAGNÉTISME.

---

## CHAPITRE PREMIER.

### DU MAGNÉTISME ET DE SES SOURCES PRINCIPALES.

### *Notions préliminaires.*

232. On donne le nom d'*aimant* à un minéral qui jouit de la propriété d'attirer le fer, le cobalt et le nickel, et l'on dit que l'aimant est *naturel* ou *artificiel*, suivant qu'il est un produit de la nature ou de l'art.

Ex. Les morceaux de mines de fer peu oxidés, se couvrent de parcelles de fer, surtout par les extrémités, quand on les roule dans la limaille. Ces points vers lesquels la limaille se

rassemble en plus grande abondance, se nom ment les *pôles* de l'aimant. Les pôles sont ordi nairement au nombre de deux. On peut asse bien les reconnaître encore par la direction qu prend un brin de fil de fer très-mince qu'o applique sur l'aimant; sa direction devien perpendiculaire à la surface en présence d'u des pôles; partout ailleurs sa direction est obli que.

233. La propriété magnétique n change ni les dimensions, ni le poid des corps.

Ex. M. *Gay-Lussac*, ayant aimanté un cylin dre d'acier rempli d'eau auquel il avait adapt un petit tube capillaire gradué, n'a observ aucun changement dans la hauteur du liquide

*Thalès* de Milet, environ six siècles avan l'ère chrétienne, connaissait déjà la facult qu'a l'aimant d'attirer le fer. *Descartes* suppo sait qu'une matière se mouvait en tourbillo dans les aimans. *Æpinus* reconnaissait un seule matière magnétique dont les parties s repoussent entre elles et sont attirées par l

fer; selon lui, du fer est à l'état naturel ou magnétique, selon que le fluide est ou non à l'état d'équilibre. *Wilke* et *Brugmann* admettent deux matières magnétiques, qui s'attirent entre elles tandis que les particules de chacune d'elles se repoussent mutuellement: dans le fer elles sont combinées; elles sont séparées dans l'aimant. Cette théorie a été développée par les belles expériences de *Coulomb*.

234. Les barreaux aimantés, pour conserver leur vertu, n'ont pas besoin d'être isolés; le contact des substances étrangères ne leur fait rien perdre de leurs propriétés.

Obs. Il faut seulement préserver les aimans du contact des substances humides qui pourraient les oxider et affaiblir leurs propriétés.

235. L'action magnétique se propage à distance et à travers toutes les substances, excepté celles qui sont suscep-

tibles d'acquérir la propriété ma
que.

Ex. Un aimant attire à distance une pe
guille de fer suspendue à un fil de soie ;
action a lieu même à travers le pap
bois, le verre, la flamme, l'eau, etc.

236. A une température très-él
les barreaux aimantés perdent
leur vertu, et deviennent même i
sibles à l'action des aimans.

*Des Attractions et Répulsion*

237. Un barreau aimanté, libre
mouvoir dans un plan horizontal,
par prendre une direction fixe pe
férente de celle du méridien du lie
l'on se trouve.

Ex. On fait flotter une petite aiguille

morceau de liége, à la surface de l'eau ou bien on la suspend, en lui laissant la faculté de tourner sur elle-même. L'angle formé par sa direction et celle du méridien se nomme l'angle de *déclinaison :* cet angle varie selon les différens lieux de la terre. On nomme *méridien magnétique* la direction que prend l'aiguille.

238. Plusieurs aiguilles aimantées, libres de se mouvoir dans un plan horizontal, et placées de manière à ne pouvoir s'influencer, prennent des directions parallèles; et leurs extrémités, tournées vers le même pôle du globe, possèdent le même magnétisme.

On peut s'assurer que le magnétisme est le même, par le mode uniforme d'aimantation que l'on a employé.

239. Deux barreaux aimantés se repoussent mutuellement par les extrémités qui ont même magnétisme, et

s'attirent par les extrémités qui ont magnétisme opposé.

Ex. Cette expérience peut se faire avec d aiguilles magnétiques librement suspendues flottant sur des morceaux de liége à la surf d'un liquide. On dit que les pôles sont amis *ennemis* selon qu'ils s'attirent ou se repo sent.

240. L'action du globe est semblab en tout à celle d'un aimant. De là vi la dénomination des deux magnétisme celui qui domine vers le nord, se nom *boréal*, celui qui domine vers le sud, nomme *austral*.

Ainsi le pôle *boréal* d'une aiguille mantée se dirige vers le sud et le pô *austral* vers le nord (239).

241. Un fil ou un barreau de fer, p l'influence d'un barreau aimanté, quiert momentanément la vertu magn tique.

Ex. Un fil de fer librement suspendu devant un barreau aimanté, se comporte, à l'égard d'un autre fil également suspendu, comme un petit aimant; ce second fil peut agir à son tour sur un troisième et ainsi de suite. On peut soulever, de cette manière, plusieurs aiguilles qui se placent bout à bout, ainsi que de la limaille qui forme des filamens à l'extrémité du barreau aimanté. Cette aimantation n'est que momentanée dans le fer pur; pour le prouver, on prend deux barreaux aimantés de même force, et l'on présente chacun d'eux successivement à une clef qui se trouve attirée, quel que soit le pôle qu'on lui présente. Si, pendant qu'elle est soutenue par un pôle d'un des barreaux, on approche un pôle de nom contraire, elle tombe aussitôt. Un fil d'acier tel qu'une aiguille à coudre, conserve pendant long-temps sa vertu, surtout quand il est fortement trempé.

On a fondé sur les propriétés des attractions et répulsions magnétiques, plusieurs petits appareils curieux, tels que le bouquet, la lorgnette et les cygnes magnétiques, la mouche mise en mouvement sur un cadran au moyen

d'une aiguille aimantée, cachée d
dran ; le tonton magnétique, etc.

Quand on agite des parcelles
plan, au-dessous duquel on place
les parcelles de fer se rangent au
courbes qui convergent vers les
mans.

242. Quand une masse de
l'influence d'un aimant, el
son tour sur cet aimant.

Ex. *Réaumur* a remarqué qu'
quérait une force beaucoup plus
il était en contact avec une enclu

*Des Sources de l'Aimar*

243. La puissance magn
être développée soit par l'*act*
soit par le *contact*, soit par l
*percussion*, le *choc*, etc.

Ex. Le fer qui a séjourné dans le sein de la terre, un barreau d'acier qui a été pendant longtemps dans la direction du méridien, finissent par s'aimanter.

On aimante artificiellement un barreau d'acier, en faisant des frictions à sa surface avec un aimant. Nous développerons plus loin ce procédé (249).

On aimante encore un barreau, en l'échauffant et en le refroidissant ensuite entre deux aimans; ou en le frottant à différentes reprises dans le sens de sa longueur; quelquefois la propriété magnétique se développe par une simple chute sur un corps dur. Un fil de fer tordu et cassé présente aussi le phénomène de l'aimantation.

244. Une forte décharge électrique ou bien une suite de petites étincelles, en passant à travers une aiguille, lui communiquent la vertu magnétique; les courans de la pile voltaïque produisent des effets semblables.

Obs. *Confiliachi* et *Morichini* à Rome, et

Miss *Somerville* en Angleter
des aiguilles par l'action de l
tout des rayons violets. Ces
raient besoin d'être répétées

## CHAPITRE II

### DES LOIS QUE SUIVENT LES ACTI
### ET DE L'AIMANTAT

*Détermination des Force*

245. La *force directrice*
l'effort exercé pour ramen
dans le plan du méridien
l'*axe magnétique* de l'aigui
qui joint ses deux pôles
l'état d'équilibre, se place
tion du méridien.

246. La force directrice
proportionnelle aux sinu
d'écartement.

Obs. Ce principe important

vations de *Coulomb*. On peut donc, par sa balance, déterminer la valeur de la force directrice pour un degré, sachant le nombre de degrés correspondant à une distance déterminée.

**247.** L'action du globe sur une aiguille aimantée, est proportionnelle au carré du nombre d'oscillations que fait cette aiguille dans un temps donné, quand on l'écarte tant soit peu du méridien magnétique.

**248.** L'action réciproque de deux aiguilles, décroît en raison du carré de la distance.

Obs. Pour vérifier cette loi, il faut employer de longues aiguilles; sans cette précaution, il faudrait avoir égard à l'action réciproque de tous les pôles, et à la longueur du levier par lequel chacune de ces actions s'exerce.

## *De l'Aimantation.*

**249.** La *méthode de la simple touche*

consiste à faire glisser le barrea
manté le long de celui auquel on
communiquer ses propriétés.

Obs. Il faut avoir soin de diriger toujour
frictions dans le même sens.

250. Les aimans ne peuvent donn
ni recevoir du fluide, ils ne décompose
que plus ou moins celui qu'ils ont.

Ex. L'aimantation, loin de diminuer la vert
magnétique du barreau dont on se sert, l'aug
mente jusqu'à un certain point. Le barreau d'a
cier sur lequel on opère, conserve son état ma
gnétique avec une énergie qui dépend de s
trempe; c'est ce qu'on nomme sa *force coercitive*
Dans le fer doux la force coercitive est à pe
près nulle.

251. Quelquefois, pendant l'aimanta
tion, il se développe entre les pôles ex
trêmes, d'autres pôles que l'on nomm
*points conséquens*.

252. Dans la *méthode de la touche séparée*, ou procédé de *Duhamel*, l'aiguille repose, par ses extrémités, sur les pôles opposés de deux barreaux magnétiques placés dans la même direction que l'aiguille; puis, les frictions se font avec deux autres barreaux qu'on incline sur l'aiguille de 25 à 30 degrés, et qu'on fait glisser simultanément, chacun de son côté, du milieu vers les extrémités opposées.

253. Dans la *méthode de la double touche*, ou procédé d'Æpinus, l'aiguille étant placée comme précédemment, on fait marcher ensemble les deux barreaux glissans de manière qu'ils forment un système *fixe* qui se promène, d'un mouvement de va et vient, d'une extrémité à l'autre de l'aiguille, en commençant et en finissant par le milieu. Dans cette méthode, l'inclinaison des

barreaux est de 15 à 20 degrés se

On conçoit que, dans les deu des, les pôles qui frictionnen nature opposée.

Obs. Il n'est pas indispensable de r guille qu'on veut aimanter, sur deu magnétiques, mais elle acquiert ai force. La méthode de la double touc férable à celle de la touche séparée, aimante de forts barreaux. *Duhamel* ont proposé d'aimanter simultanén barreaux d'acier, disposés parallèlem mant un rectangle avec deux autre de fer doux. *Coulomb* a perfection cette méthode.

254. On nomme *armatures*, d de fer doux qu'on applique sur d'un aimant, et qui, devenant ques par son influence, finis augmenter son énergie.

Obs. On ne peut guère reconnaît

expérience, l'épaisseur la plus convenable à donner à une armature.

255. Quelquefois on réunit plusieurs aimans artificiels en faisceau, de manière que les pôles de même nom agissent du même côté ; quelquefois encore on les recourbe en fer à cheval, et l'on fait agir les pôles opposés sur une lame de fer doux à laquelle on suspend des poids.

256. Quand on aimante à saturation, par la méthode du contact séparé, une aiguille ou un barreau qui n'avait point encore reçu l'aimantation, la force magnétique acquise est un *maximum*, par rapport aux forces qu'on pourrait donner à cette même aiguille ou à ce même barreau par des renversemens subséquens des pôles.

La force magnétique que peut acquérir l'aiguille, devient plus faible à me-

sure que les renversemens de l
multiplient.

Les séries de frictions qui te
ramener les pôles dans leur état
tif, sont plus efficaces que les autr

Cette différence entre les forces
quiert l'aiguille, après les renverse
successifs des pôles, va continuelle
en s'affaiblissant et converge vers
limite.

Elle dépend en général de la gr
deur de l'aiguille par rapport à celle
barreaux glissans, ainsi que de sa for
de coertion.

257. On ne donne point à une aiguil
toute la force magnétique qu'elle pe
acquérir, si les frictions n'ont pas li
sur toute la surface; ceci devient su
tout sensible dans le renversement d
pôles.

258. Les barreaux glissans donnen

toutes choses égales, aux barreaux de même dimension qu'eux, une force magnétique égale à celle qu'ils possèdent, et dans les barreaux de dimension différente, les forces acquises sont comme les cubes des dimensions homologues.

La dernière partie de cet énoncé est établie depuis long-temps par les expériences de *Coulomb*.

259. Quand on frictionne des barreaux aimantés avec d'autres barreaux plus faibles qu'eux, la force des premiers diminue au lieu d'augmenter, et il paraît que la force deviendrait celle que ces derniers barreaux seraient susceptibles de donner aux premiers par l'aimantation directe.

260. La relation qui existe entre les forces que reçoit une aiguille ou un barreau par des frictions successives et

le nombre de ces frictions, peut être exprimée par une formule exponentielle contenant trois constantes.

Une seule de ces trois constantes paraît changer de valeur avec la grandeur des barreaux qu'on aimante, du moins tant que ces barreaux conservent une grandeur qui n'excède pas celle des barreaux glissans, et qu'ils sont de même qualité d'acier.

Ex. Ainsi, l'on connaît d'avance les degrés successifs de force que va prendre un barreau à chaque friction, si l'on a déterminé préalablement la loi de ces accroissemens, pour les mêmes barreaux glissans, et pour un autre barreau quelconque qui doit servir de module. Si le barreau qu'on frictionne avait un commencement d'aimantation, il faudrait calculer d'abord le nombre de frictions auxquelles correspond cette force, afin de pouvoir assigner le rang des frictions subséquentes et la grandeur des forces magnétiques correspondantes.

261. Quand les barreaux glissans sont plus grands que le barreau qu'on aimante, dès la première friction complète, la force du magnétisme est à très-peu près moitié de la force qu'aura le barreau aimanté dans son état définitif.

Après la douzième friction complète, la force magnétique diffère peu de celle que les barreaux glissans peuvent communiquer.

Obs. Les résultats qui précèdent, sont extraits d'un mémoire sur l'aimantation, que j'ai inséré dans les *Annales de physique et de chimie* pour juillet 1833.

262. Le rapport entre le poids de l'aimant et sa charge est plus fort dans les petits aimans que dans les grands.

Ex. *Ingenhouz* a observé que de petits aimans portaient jusqu'à cent fois la valeur de leur propre poids, tandis que des aimans de vingt

livres, faits avec soin par *Coul*
au plus cinq fois leur poids.

M. *Aug. Sacré* a fait à Bruxe
méthode particulière du docte
mans d'une grande énergie ; l'u
poids portait 42 kil. 1/2 ou 1
un autre de 27 kil. en portait
7 fois son poids.

263. Quand on fait port
toute la charge qu'il peut
augmente sa vertu magnét

Ex. Quand un aimant est cha
venons de le dire, au bout de q
peut ajouter de nouveaux poid

264. Pour conserver à
vertu, il faut le charger
dans de la limaille, dirige
le sens du méridien ma
mettre à l'abri de la rouil
du feu ou des décharges
le préserver des chocs bru

Ex. Un bâtiment génois qui faisait route pour Marseille, fut frappé par la foudre à peu de distance d'Alger; et la décharge électrique renversa les pôles des aiguilles, de manière que le vaisseau vint se briser sur la côte, quand on croyait avoir le cap au nord.

## *De la Distribution du Magnétisme dans les corps aimantés.*

265. La distribution des deux fluides magnétiques dans un aimant, est analogue à celle des fluides électriques autour d'un conducteur, de sorte que les densités magnétiques sont considérables vers les extrémités et décroissent ensuite rapidement jusque vers le milieu de l'aimant, où elles sont sensiblement nulles.

Ex. Dans un fil d'acier de 67 cent. 5 de longueur, *Coulomb* a trouvé que les centres d'ac-

tion n'étaient qu'à 22 mill. 5 des extr
peut juger de la position des centres
en présentant le barreau aimanté
ment, vis-à-vis d'une aiguille libre
pendue, et en le faisant monter et d
de manière que ses différens points s
cessivement devant l'aiguille. On p
rouler le barreau dans la limaille et o
direction des filamens qui se formen
observer la direction d'un fragment
guille d'acier fort mince qu'on app
plan de sa section.

**266.** Quand on coupe un bar
gnétique en deux portions quel
chacune de ces portions devie
stant même un aimant complet
sente deux pôles.

Obs. L'effet qui se produit ici paraît
à celui qu'on observe dans une pile
que l'on sépare en deux parties.

MM. *Welter* et *Gay-Lussac* ont rec
si l'on aimante un anneau d'acier,

priétés magnétiques restent dissimulées tant que l'anneau est dans son entier ; mais si on le rompt en un point, chaque fragment jouit des propriétés des aimans ordinaires.

## CHAPITRE III.

### DE L'ACTION DU GLOBE SUR LES AIMANS.

### *Magnétisme de la terre.*

**267.** Le globe exerce une action magnétique, non-seulement sur les aiguilles aimantées, mais encore sur les substances susceptibles d'aimantation.

Ex. Qu'on présente à une aiguille aimantée l'extrémité d'un barreau de fer qu'on tient dans une position verticale, puis qu'on fasse tourner ce barreau autour de cette extrémité comme centre et dans un plan vertical ; l'aiguille aimantée sera tour-à-tour attirée et repoussée par les mêmes points du barreau.

Des barres de fer, dans une position con-

stante au haut des édifices, finissent par s'
manter sous l'influence du globe. Cette obs
vation fut faite par *Gassendi* sur la croix
clocher de *St.-Jean* d'Aix en Provence.

268. On peut toujours disposer
barreaux aimantés de manière à so
traire une aiguille magnétique à l'acti
du globe.

Ex. Qu'on place une aiguille entre deux b
reaux mis dans le sens du méridien magnétiq
de manière que les pôles de noms oppo
soient en présence, et l'aiguille, avec des p
cautions convenables, prendra indistinctem
une direction quelconque. On peut même a
un seul barreau produire assez bien le mê
effet.

269. Une aiguille d'acier, non aim
tée, et mise en équilibre de manièr
pouvoir tourner sur une pointe dans
plan horizontal, ne conserve plus
état après avoir été aimantée, mais e

penche par l'une ou l'autre extrémité, selon qu'elle se trouve dans l'un ou l'autre hémisphère.

Ex. Dans nos régions, l'aiguille penche vers le nord; le contraire arrive dans l'hémisphère opposé. Pour observer l'action du globe, on fait usage de deux aiguilles : l'une sert à donner la direction horizontale, c'est l'*aiguille de déclinaison* (237); l'autre sert à déterminer l'inclinaison vers la terre, et on la nomme, par ce motif, *aiguille d'inclinaison*.

## *De l'Aiguille de déclinaison.*

270. Pour observer, dans nos climats, on rend l'extrémité boréale de l'aiguille aimantée plus légère que l'extrémité australe.

Obs. On place l'aiguille sur une pointe ou bien on la suspend à un fil très-fin; on l'entoure d'un cercle gradué, ou partagé, pour la

navigation, en trente-deux
qu'on nomme *rhumbs* des vent
prend le nom d'aiguille de décl
*clinatorium*, de *boussole* de nav
génieur, etc.

La boussole était connue en
12e siècle. Les Chinois la conna
cette époque, mais ils lui donnai
sition particulière et faisaient flo
dans une petite nacelle.

On a aussi adapté la boussole au
laires.

271. La déclinaison varie
lieux; elle est aussi variable
temps, pour un même lieu de

Ex. La déclinaison était à Paris :

| | | |
|---|---|---|
| En 1580 . . . . | de 11°30′ | vers l' |
| 1618 . . . . | 8° 0′ | |
| 1663 . . . . | nulle. | |
| 1678 . . . . | 1°30′ | vers l'o |
| 1700 . . . . | 8°10′ | |
| 1767 . . . . | 19°16′ | |

| | |
|---|---|
| 1780 . . . . | 19°55′ |
| 1785 . . . . | 22° 0′ |
| 1805 . . . . | 22° 5′ |
| 1813 . . . . | 22°28′ |
| 1817 . . . . | 22°19′ |
| 1822 . . . . | 22°11′ |
| 1825 . . . . | 22°12′48″ |

On a vu que l'aiguille, en 1663, était dirigée vers le pôle; elle resta environ deux ans dans cette position. Il paraît que l'aiguille rétrograde maintenant; cependant comme elle a eu anciennement des stations de plusieurs années, il est bon de ne pas trop se hâter de prononcer. De 1720 à 1724, l'aiguille marqua constamment 13°.

On a observé aussi, à Londres, que la déclinaison était :

| | | | |
|---|---|---|---|
| En 1580 . . . | de 11°16′ | à l'orient. | |
| 1634 . . . | 4° 6′ | — | |
| 1660 . . . | 0° 0′ | — | Bond. |
| 1670 . . . | 2°30′ | à l'ouest | Halley. |
| 1690 . . . | 6° 0′ | — | |
| 1720 . . . | 14°17′ | — | Graham. |
| 1740 . . . | 17° 0′ | — | |

| | | |
|---|---|---|
| 1750 . . . . | 17°48′ — | à |
| 1770 . . . | 21° 9′ — | H |
| 1780 . . . | 23°17′ — | G |
| 1790 . . . | 23°39′ — | |
| 1800 . . . | 24° 3′ — | |
| 1810 . . . | 24°11′ — | |
| 1818 . . . | 24°30′ — | |

272. On nomme *bandes* ou *lig* *déclinaison*, les courbes qui pas les différens lieux du globe, o clinaison est nulle.

Ex. On en connaît maintenant q première traverse le grand Océan, e cien et le nouveau monde, c'est celle sait par Paris en 1663; elle passe m dans le voisinage de Philadelphie. La à peu près diamétralement opposée à dente, s'étend de l'océan qui baigne la Nouvelle-Hollande, jusque dans la La troisième est une ramification de la dont elle se sépare près du grand arch sie, pour s'élever vers l'orient de la S

quatrième a été reconnue, dans ces derniers temps, près des îles des Amis et de la Société dans l'océan Pacifique. La direction de ces lignes est très-variable; il est à remarquer que la ligne sans déclinaison a passé à Londres plus tôt qu'à Paris (271).

Les bandes sans déclinaison ont été tracées, pour la première fois, sur une mappemonde par l'astronome *Halley*. On lui doit encore la remarque qu'il existe trois points où l'aiguille a subi les plus grandes déclinaisons, et qu'ils formaient comme trois centres, autour desquels les variations décroissent insensiblement.

273. Les plus grandes déclinaisons observées jusqu'à présent, n'ont pas dépassé 45°.

Ex. Le capitaine *Cook* a trouvé, par 60° lat. aust. et par 92° 35′ long., que l'aiguille déviait à l'orient de 43°6′. Le chevalier *de Langle* a observé une déclinaison vers le couchant de 45° entre le Groënland et le Labrador, à 62° lat. septentrionale.

274. Le mouvement
guille vers l'ouest, ne se f
lement, mais c'est le résul
oscillations *annuelles* et *di*

Obs. C'est à *Cassini* que l'on
vation.

275. En général, la décl
mente depuis le solstice d'h
l'équinoxe du printemps ;
cette époque, elle diminue ju
stice d'été, augmente ensuit
veau jusqu'à l'équinoxe d'
pour diminuer encore, mais lé
pendant les trois derniers moi
née.

Obs. On conçoit que la somme des os
vers l'ouest l'emporte sur les oscillat
l'est. Quelques physiciens, au reste,
tent point cette période *annuelle*.

276. Les *variations diurnes* sont telles, que l'aiguille marche vers l'occident, depuis le lever du soleil jusqu'à une heure après-midi, pour rétrograder ensuite vers l'orient jusque vers huit heures du soir; puis elle reste stationnaire pendant toute la nuit.

277. L'étendue de la variation diurne n'est la même ni dans tous les mois de l'année, ni dans tous les lieux de la terre.

Ex. A Paris, elle atteint son *maximum* entre les deux équinoxes, et s'élève dans le mois de juin de 13′ à 16′; son *minimum* est de 8′ à 10′, vers le mois de décembre.

A Londres, la variation diurne, en juin et juillet, est de 19′,6; en décembre, elle n'est plus que de 7′,6.

M. de *Humboldt* a reconnu la variation diurne à Berlin et dans l'Amérique méridionale; le professeur *Van Swinden* s'était aussi beaucoup occupé du même phénomène.

278. Des circonstances atmosphéri-

ques, et surtout les aurores bo
influent sur l'étendue des va
diurnes de l'aiguille et produisen
des changemens brusques.

Obs. M. *Arago* a fait des recherches
rieuses sur ce sujet; il paraît que l'éte
oscillations diminue à mesure qu'on se
che de l'équateur et des points où la déc
absolue est très-petite. A Ste-Hélène et
tra, les variations diurnes ne sont gr
de 2′ à 3′.

Les tremblemens de terre ont aussi
fluence sur l'aiguille.

279. Comme l'axe d'une aiguill
rait ne pas coïncider avec l'a
gnétique (245), on observe d'abo
guille dans une position; puis
retourne et l'on fait une seconde
vation. Le méridien magnétiq
alors placé entre les deux directi
l'aiguille.

Obs. Pour les observations délicates, on se sert de lunettes fixes.[1]

## *De l'Aiguille d'inclinaison.*

280. Une aiguille d'acier, soutenue par son centre de gravité, peut rester dans une position horizontale; mais aussitôt qu'elle a acquis la vertu magnétique, elle s'incline très-sensiblement.

281. Comme l'axe de l'aiguille d'inclinaison pourrait ne pas coïncider avec l'axe magnétique, on observe d'abord l'aiguille dans une position, puis on la retourne de manière que la face qui était à l'est tombe vers l'ouest, et l'on fait une seconde observation. Le méridien magnétique est alors placé entre les deux directions de l'aiguille.

Comme une des extrémités de l'aiguille pourrait être plus pesante que

l'autre, et que le centre de gr
coïnciderait pas avec le centre d
on observe d'abord l'aiguille
sens, puis on l'observe encor
avoir renversé ses pôles par une
aimantation, et l'inclinaison vér
la moyenne des inclinaisons ol

282. L'*inclinaison* varie selon
elle est aussi variable selon le
pour un même lieu de la terre.

Ex. L'inclinaison, qui ne fut ob
long-temps après la déclinaison, ét

| | | | |
|---|---|---|---|
| en 1798 | . . . | de 69° | 51′ |
| 1810 | . . . . | 68° | 50′ |
| 1818 | . . . . | 68° | 35′ |
| 1824 | . . . . | 68° | 7′ |
| 1825 | . . . . | 68° | |

Elle était à Londres, d'après M. *B*

| | | | |
|---|---|---|---|
| en 1680 | . . . | de 73° | 30′ |
| 1723 | . . . . | 74° | 42′ |
| 1773 | . . . . | 72° | 19′ |

| | | |
|---|---|---|
| 1786 . . . . | 72° 8′ | Gilpin. |
| 1790 . . . . | 71° 53′ | » |
| 1800 . . . . | 70° 35′ | » |
| 1818 . . . . | 70° 34′ | id. et Sabine. |
| 1828 . . . . | 69° 47′ | cap. Sabine. |

Elle était à Genève,

| | | |
|---|---|---|
| en 1775 . . . | de 69° 27′ | |
| 1825 . . . . | 65° 48′,50. | |

Il paraît cependant que l'inclinaison varie moins rapidement que la déclinaison, pour un même lieu; mais elle varie considérablement en changeant de latitude.

Depuis quelques années, l'aiguille d'inclinaison et l'aiguille de déclinaison prennent un mouvement rétrograde bien prononcé; voici les valeurs que j'ai trouvées pour Bruxelles:

| | Inclinaison. | Déclinaison. |
|---|---|---|
| 1827 octobre . . | 68° 56′,5 | 22° 28,′8 |
| 1830 fin de mars . | 68° 52′,6 | 22° 25′,3 |
| 1832 » . | 68° 49′,1 | 22° 19′,0 |
| 1833 » . | 68° 42′,8 | 22° 13′,4 |
| 1834 comm. d'avril. | 68° 38′,4 | 22° 15′,2 |

283. On nomme *équateur mag*
courbe formée par la suite des
l'aiguille d'inclinaison prend u
tion horizontale.

Obs. L'équateur magnétique s'éloig
la forme d'une circonférence de gra
qui ferait un angle de 12° environ a
teur de notre globe. D'après les rech
MM. *Hansteen* et *Morlet*, le plus gra
ment de ces deux courbes serait à 25
tude occidentale, et l'on trouverait
en Afrique, par 18 à 22° de longitude
Si l'on part de ce nœud en s'avançant
la mer des Indes, la ligne sans inclin
loigne rapidement vers le nord, sort de
un peu au sud du cap Guardafui, et
dans la mer d'Arabie, à son *maxim*
d'excursion boréale (environ 12°), p
longitude orientale; entre ce méridien
degré de longitude, la ligne sans incli
maintient constamment dans l'hémis
réal; elle coupe la presqu'île de l'Ind
au nord du cap Comorin, traverse le

Bengale en se rapprochant légèrement de l'équateur terrestre dont elle n'est éloignée que de 8°, à l'entrée du golfe de Siam; remonte ensuite un tant soit peu au nord, est presque tangente à la pointe septentrionale de Bornéo, traverse l'île Paragua, le détroit qui sépare la plus méridionale des Philippines de l'île Mindanoa; et, sous le méridien de Waigiou, se trouve de nouveau placée à 9° de latitude septentrionale. De là, après avoir passé dans l'archipel des Carolines, l'équateur magnétique descend rapidement vers l'équateur terrestre, et le coupe, d'après M. *Morlet*, par 174°; et, suivant M. *Hansteen*, par 187° de longitude orientale. Il y a encore un second nœud situé dans l'océan Pacifique, à 120° de longitude occidentale; mais tandis que les recherches de M. *Morlet* l'ont conduit à admettre que l'équateur magnétique, après avoir seulement touché l'équateur terrestre, s'infléchit aussitôt vers le sud, M. *Hansteen* suppose que cette courbe passe dans l'hémisphère boréal, sur une étendue de 150° de longitude, et revient ensuite de nouveau couper la ligne équinoxiale à 23° de distance de la côte occidentale d'Amérique. Du reste les lignes de ces

deux physiciens ne sont nulle part à 2° l'u
l'autre ; et celle de M. *Hansteen* ne s'écar
de 1° 30′ de l'équateur. Ces résultats s
portent à l'année 1780 ; il paraît, par les o
vations récentes, que l'équateur magné
subit un mouvement de translation d'oric
occident.

284. Dans quelques lieux de la t
on a observé que l'aiguille d'inclina
prend une position à peu près verti

Ex. La plus grande inclinaison dans l'h
phère austral a été observée par le capi
*Cook*, à 60° 40′ latitude et 93° 45′ long
occidentale, à partir du méridien de Paris
était de 43° 45′. Le capitaine *Phipps*, en l
par 79° 44′ latitude boréale, a trouvé l'inc
son de 82° 9′ : c'est la plus grande qu'o
observée.

* 285. Près de l'équateur magnéti
la tangente de l'inclinaison est doubl
la tangente de latitude magnétique.

Obs. Ce résultat ne peut être regardé que comme approximatif. Il a été trouvé par M. *Biot*.

286. La difficulté de se procurer de bonnes aiguilles, n'a pas permis d'observer encore les variations diurnes ou annuelles auxquelles d'inclinaison peut être assujettie.

Obs. Quand on observe, au moyen de l'aiguille d'inclinaison, il faut avoir soin de la placer dans le plan du méridien; sans cette précaution, l'angle observé serait toujours trop grand.

* 287. Si l'on a observé les inclinaisons de l'aiguille sur la verticale, dans deux plans verticaux quelconques, mais perpendiculaires l'un à l'autre, le carré de la tangente de l'inclinaison dans le méridien magnétique, est égal à la somme des carrés des deux tangentes des inclinaisons observées.

Obs. Cette propriété a encore ét
par M. *Biot*.

*De l'Intensité des Forces m*

288. L'action magnétique d
analogue à celle que la pesant
sur un pendule en mouveme
l'estime par le carré du noml
lations que l'aiguille d'inclina
dans le méridien magnétique
un temps donné, quand on
méridien magnétique.

* 289. Le rapport des int
forces magnétiques dans d
quelconques, est égal au rapp
des carrés des nombres de se
ployées par une même aiguill
certain nombre d'oscillations
les, multipliés par les sinus de
respectives de l'axe magnétiq
niths des lieux où l'on obser

**290. En s'avançant de l'équateur vers le pôle, l'intensité magnétique va toujours en augmentant.**

Ex. M. *de Humboldt* a trouvé que la même aiguille qui, à Paris, faisait 245 oscillations en 10 minutes, n'en faisait plus que 211 au Pérou; il a observé aussi qu'on peut représenter les intensités magnétiques en différens lieux par les nombres suivans :

| | |
|---|---|
| A l'équateur. . . . . | 100 |
| A Naples. . . . . | 127 |
| A Paris. . . . . | 134 |
| A Berlin.. . . . . | 137 |

J'ai trouvé récemment les valeurs suivantes, pour les intensités magnétiques, en prenant celle de Paris pour unité :

| | Intensité magnétique. |
|---|---|
| Paris. . . . . | 1,0000 |
| Londres. . . . . | 1,0183 |
| Bruxelles . . . . . | 1,0127 |

Le cap. *Sabine* a publié des recherches nombreuses sur l'intensité magnétique du globe. Il

place le pôle magn. austral de la te
lat. et à 80 de long. O. de Greenwic
sité à l'équateur magn. serait 1, et
(*Bulletin des Sciences*, n° 1, 1827.)

M. *Hansteen* a nommé lignes ma
*isodynamiques*, des lignes presque équi
et parallèles, sur lesquelles 300 oscillat
exemple, sont faites dans un même e
temps. La table suivante montre, selon
servateur, le décroissement d'intensité
quateur au pôle.

| Inclinaison. | In |
|---|---|
| 0° | |
| 24. | |
| 45. | |
| 64. | 1 |
| 73. | 1 |
| 76,7. | 1, |
| 81. | 1, |
| 86. | 1,6 |
| | 1,7 |

Selon le même physicien, il existe quatre pô
les magnétiques : deux dans la partie boréale
et deux dans la partie australe du globe; ces pô-

les sont mobiles ; voici les résultats de ses recherches.

| Pôle. | Année. | Dist. du pôle magn. au pôle de la terre. | Long. pour Greenwich. |
|---|---|---|---|
| B. | 1730. . . . | 19°15′. . . . . | 251°54′ |
| | 1769. . . . | 19,43. . . . . | 259,58 |
| | 1813. . . . | 22,50. . . . . | 267,36 |
| b. | 1770. . . . | 4,14. . . . . | 101,29,5 |
| | 1805. . . . | 4,38,5. . . . | 116, 9 |
| A. | 1642. . . . | 18,55. . . . . | 146,59 |
| | 1773. . . . | 20,35,5. . . . | 136,15,5 |
| a. | 1670. . . . | 15,53. . . . . | 265,26,5 |
| | 1774. . . . | 12,43. . . . . | 236,43 |

291. L'action magnétique ne diminue pas sensiblement, lors même qu'on s'élève dans l'atmosphère à une grande hauteur.

Ex. M. *Gay-Lussac*, à une hauteur de 7000 mètres, dans une ascension aérostatique, et M. *de Humboldt*, sur le Chimborazo, ont reconnu que le globe n'avait rien perdu de son énergie.

J'ai fait de nombreuses observations dans les Alpes, soit dans les vallées, soit dans les lieux élevés, sans pouvoir reconnaître l'influence des hauteurs. M. *Forbes* d'Édimbourg est parvenu depuis à des résultats semblables. D'une autre part, M. *Kupffer* a cru pouvoir déduire de ses expériences, que les lieux élevés exerçaient une influence sur l'aiguille.

292. L'intensité magnétique a, comme la déclinaison, ses variations diurnes et annuelles. Elle est généralement décroissante depuis le matin jusque vers onze heures; puis elle augmente jusque vers quatre heures du soir en hiver, et six ou huit en été. Son *minimum* absolu a lieu en janvier, son *maximum* en juillet.

Obs. Il faudrait tenir compte des variations de température et de celles que le temps peut produire. On doit les observations précédentes à M. *Hansteen*. M. *Gauss* a fait aussi des recherches sur le même sujet.

**293.** Il paraît que les volcans en action, exercent, sur l'aiguille aimantée, une action très-prononcée que ne manifestent point les volcans éteints.

Ex. Ce résultat qui se déduit d'observations que j'ai faites sur le Vésuve et sur plusieurs volcans éteints, a été mis en évidence par MM. *Necker Saussure*.

**294.** La durée des oscillations d'une aiguille change en même temps que la température.

Ex. D'après les observations de M. *Kupffer*, dans l'intervalle de 0° à 30° Réaumur, chaque degré de chaleur augmentait d'une demi-seconde la durée de 300 oscillations de son aiguille. Le même physicien a trouvé qu'une aiguille de 7 centimètres 33 de longueur, en acier fondu et parfaitement cylindrique, ayant été jetée à plusieurs reprises dans l'eau bouillante où elle restait 10 minutes et essayée après chaque immersion, employait, pour faire

300 oscillations, successivement 578; 637,5; 642; 645; 647. 650,5; 652 secondes. M. *Christie*, en Angleterre, s'est occupé du même sujet.

M. *Hansteen*, pour corriger les observations sur l'intensité magnétique des effets de la température, a proposé la formule suivante

$$T = T' [1 - a (t' - t)]$$

dans laquelle T' est le nombre de secondes que l'on a comptées pour un certain nombre d'oscillations à la température $t'$, et T est le nombre de secondes que l'on aurait comptées à la température $t$, pour le même nombre d'oscillations. A est une constante qui dépend de la grandeur de l'aiguille et que l'observation détermine.

295. En observant les phénomènes de l'aiguille aimantée soit sur terre, soit sur mer, il faut avoir égard aux actions qui se combinent avec celles de la terre.

Obs. Cette précaution est surtout importante sur les vaisseaux, où l'on doit éviter trois effets principaux; celui qui provient d'une ai-

mantation durable, imprimée aux masses ferrugineuses par les travaux qu'on a dû faire pour les préparer; celui qui est dû à l'aimantation accidentelle de ces masses par l'influence magétique du globe; et enfin celui qui résulte de l'aimantation produite par l'influence même de l'aiguille. M. *Barlow* a montré qu'on pouvait soustraire l'aiguille à ces effets, en plaçant convenablement dans son voisinage une petite plaque de fer.

## CHAPITRE IV.

### DU MAGNÉTISME PAR ROTATION, PAR CHALEUR.

### *Du Magnétisme par rotation.*

296. Une aiguille aimantée, écartée du méridien magnétique, reprend sa position d'équilibre plus ou moins vite, selon la nature du cercle dans le voisinage duquel elle se meut.

Obs. Cette remarque fut faite, pour la première fois, par M. *Arago*, qui trouva ainsi que

l'aiguille reprenait sa position d'équilibre quatre fois plus tôt dans un cercle en cuivre que dans un cercle en bois. Cependant l'analyse chimique n'a montré dans aucune des deux substances la présence du fer. *Coulomb* avait déjà trouvé que des aiguilles fines et légères de toutes les substances, suspendues à des fils de soie, entre les pôles de deux aimans très-énergiques, finissent par se ranger dans la direction de ces pôles; il avait remarqué de plus que, dans cette position, elles oscillent plus rapidement que lorsqu'elles sont isolées dans l'espace.

En faisant osciller une aiguille suspendue horizontalement sur de la glace (eau gelée), M. *Arago* a trouvé que, pendant que l'amplitude des oscillations se réduisait de 50° à 43°,

| | |
|---|---|
| à 0,70 mill. de distance, il s'écoule | 26 oscill. |
| à 1,26 mill. . . . . | 34 |
| à 3,05 mill. . . . . | 56 |
| à 5,22 mill. . . . . | 60. |

Sur un plan de verre, de 90° à 41°,

à 0,91 mill. de distance, il s'écoule 122 oscill.

| | |
|---|---|
| à 0,99 mill. . . . . | 180 |
| à 3.04 mill. . . . . | 208 |
| à 4,01 mill. . . . . | 220 |

297. Une aiguille aimantée, suspendue horizontalement au-dessus d'une plaque circulaire d'une substance quelconque, est déviée quand on donne à cette plaque une vitesse de rotation plus ou moins grande; elle peut même prendre un mouvement de rotation qui s'accélère.

Ex. En prenant pour unité l'action du cuivre, MM. *Herschel* et *Babbage* ont trouvé que des disques de différens métaux, animés du même mouvement, doivent être, quant à leurs effets, classés dans l'ordre suivant :

| | |
|---|---|
| Cuivre. . . . . | 1,00 |
| Zinc. . . . . | 0,93 |
| Étain.. . . . . | 0,46 |
| Plomb. . . . . | 0,25 |
| Antimoine. . . . . | 0,09 |
| Bismuth . . . . . | 0,02 |

L'observation primitive de ce phénomène est encore due à M. *Arago*.

298. La plaque circulaire perd presque toute son influence sur l'aiguille lorsqu'on pratique à sa surface et suivant différens rayons, des fentes très-étroites qui diminuent à peine sa masse ; elle reprend toute son énergie quand on remplit les fentes de la plaque, en les soudant ou en y versant un métal en fusion ; un liquide ou de la limaille de fer, même très-pressée, ne produirait pas le même effet.

299. Si l'on a égard au temps nécessaire pour produire une déviation donnée avec une certaine vitesse uniforme, on trouve que l'action magnétique se développe plus ou moins rapidement, selon la nature des substances.

Ex. Les corps qui agissent par influence sur

l'aiguille avec le plus de rapidité, ne sont pas justement ceux qui produisent les déviations les plus fortes; le zinc, par exemple, doit être rangé avant le cuivre, et l'intensité de son action devient alors 1,11 au lieu de 0,93 (297).

300. Aucune substance, excepté le fer, ne peut intercepter la moindre partie de l'action qui s'exerce entre un disque mobile ou un aimant.

301. Un corps non aimanté, quand il est en mouvement rapide, ne peut exercer aucune action sur un autre corps non aimanté.

302. Dans le développement du magnétisme par influence, le temps est un élément essentiel, et en un instant infiniment court, aucun degré fini de polarité magnétique ne peut être ni reçu ni communiqué par un corps.

Obs. Ce principe et les deux précédens sont encore dus à MM. *Herschel* et *Babbage*.

303. Quand, par la rotation
dra rendre les déviations plus
il faudra d'abord soustraire l'a
mantée à l'action du globe.

Obs. On augmente encore les amp
oscillations en faisant suivre au plate
vemens de l'aiguille. Lorsque l'aigui
on arrête presque subitement son m
en faisant faire au plateau des osci
sens inverse.

*Des Expériences thermo-magn*

304. Si l'on soude deux mét
rens, par exemple du cuivre
muth, de manière à former u
fermé; et si l'on chauffe l'une
dures; une aiguille aimantée
au-dessous de ce circuit, sera d
de sa position d'équilibre et y r
à mesure que le refroidissem
lieu.

Cette observation remarquable est due à M. *Seebeck* de Berlin.

305. Les effets thermo-magnétiques peuvent être augmentés par la répétition alternative de barreaux de diverses substances.

Ex. Qu'on forme un hexagone régulier de trois barreaux de cuivre et de trois autres de bismuth, par exemple, en les soudant alternativement ensemble; on remarquera qu'une aiguille aimantée placée sous un des côtés, sera déviée quand on échauffera l'une des soudures; la déviation sera plus forte en échauffant deux soudures non voisines; la déviation a son plus grand effet, quand on échauffe trois soudures alternatives. MM. *Fourier* et *OErsted*, en multipliant le nombre des couples, ont remarqué que chaque élément contribue à l'effet total. Quand on refroidit les soudures en y appliquant de la glace, les déviations ont encore lieu; et les soudures qui ne sont pas refroidies doivent être considérées comme échauffées par rapport aux autres.

M. *Nobili* a construit, depuis peu
strument extrêmement sensible qu'i
*thermo-multiplicateur* et qui consiste
semblage de baguettes de bismuth
moine qui alternent et sont soudées
extrémités. L'assemblage est formé d
que les baguettes sont à peu près para
soudures de nombre pair étant d'un c
les de nombre impair de l'autre ; le
ouvert en un endroit où viennent s'at
fils conducteurs.

306. L'effet diminue à mesu
longueur des élémens augmen
l'effet d'un circuit ne change pas
la longueur de la circonférer
mente dans la même proportio
nombre de ses élémens.

Obs. L'effet d'un circuit thermo-m
est beaucoup moindre que la somme
isolés que produiraient les mêmes élé
formaient des circuits simples.

307. En formant un circuit fer

un seul métal, avec un fil d'acier circulaire par exemple, et en le chauffant inégalement, on peut encore faire dévier l'aiguille aimantée.

Ex. On chauffe très-fortement l'une des extrémités des fils d'un galvanomètre multiplicateur, et l'on touche cette extrémité chauffée avec l'autre de même nature qui est restée froide. Le sens du courant est tel que l'électricité positive va en général directement de la partie chauffée à la partie froide. M. *Becquerel* a montré que l'on pouvait encore répéter l'expérience de *Seebeck*, en attachant l'une à l'autre les deux extrémités du fil métallique du galvanomètre et en appliquant la chaleur au fil, à une petite distance du point d'attache.

308. Entre certaines limites assez écartées, l'intensité du courant thermo-électrique est proportionnelle à l'élévation de température.

Ce résultat est encore dû aux observations de M *Becquerel*.

309. On peut, au moyen des courans thermo-électriques, opérer les décompositions chimiques.

C'est en 1833, que M. *Botto* de Turin est parvenu à décomposer l'eau et les solutions salines et acides, au moyend'élémens métalliques formés par un grand nombre de fils de platine et de fer, placés alternativement à la suite les uns des autres.

## CHAPITRE V.

### DES PHÉNOMÈNES ÉLECTRO-MAGNÉTIQUES.

### *Action d'un Courant électrique sur l'Aiguille aimantée.*

310. Une aiguille de déclinaison est déviée de sa direction par un courant électrique parallèle à son axe, de manière que le pôle austral de l'aiguille est rejeté à gauche du courant.

Obs. On établit le courant électrique, en mettant en communication les deux pôles d'une pile par un fil métallique d'une nature quelconque, que l'on nomme fil *conducteur* ou *conjonctif*, ou bien encore *rhéophore*. On prend, pour direction du courant, celle de l'électricité positive ; en se supposant alors dans ce courant qui irait des pieds vers la tête, on dit que l'aiguille qu'on regarde est jetée à droite ou à gauche. Ainsi elle dévie en sens opposés, selon qu'elle se trouve au-dessus ou bien au-dessous du fil conducteur.

Cette observation importante a été faite, en 1819, par M. *OErsted*.

311. Les fils conducteurs reçoivent momentanément la vertu magnétique par le courant qui les traverse.

Ex. Pendant que les fils établissent une communication entre les deux pôles d'une pile, ils attirent les substances actuellement aimantées ou susceptibles de l'être par influence, mais n'agissent pas sur des substances d'argent ou de

cuivre ; leur action cesse quand le courant est interrompu, ou diminue, quand il est séparé par un mauvais conducteur. Cette observation est de M. *Arago*. Les particules d'acier conservent la vertu magnétique, après avoir touché le conducteur en action : cette découverte est la base de toutes les recherches de l'aimantation par l'électricité.

**312.** Selon que l'intensité du courant électrique est plus ou moins grand dans un même fil conducteur, la déviation de l'aiguille est plus ou moins forte.

Obs. La boussole indique l'existence et l'intensité d'un courant électrique, comme l'électromètre indique l'existence et l'intensité de tension électrique. D'une part, on considère l'électricité dans l'état de mouvement ; et, de l'autre, dans l'état d'équilibre ; c'est ce qui fait partager les phénomènes électriques en deux classes : en *électro-dynamiques* et en *statiques*.

**313.** La déviation de l'aiguille

tée est plus ou moins forte, selon la nature du fil conducteur.

Ex. Le cuivre paraît être de tous les métaux celui qui produit les effets les plus énergiques. Nous avons déjà fait connaître ailleurs quels sont les divers degrés de conductibilité des substances (225).

314. L'intensité d'un courant électrique est constante dans toute l'étendue d'un fil métallique homogène, d'une longueur quelconque.

Obs. Ce principe a été constaté par MM. *Barlow* et *Becquerel*.

315. Si l'on adapte *simultanément* deux conducteurs homogènes à une même pile, 1° l'intensité absolue du courant décroît en raison inverse de la racine carrée de la longueur du fil ; 2° quand on fait varier la grosseur des fils, l'in-

tensité du courant augmente avec le diamètre du fil jusqu'à un certain terme au-delà duquel un accroissement dans la grosseur ne produit plus aucun changement dans l'intensité du courant.

Ex. Deux fils de même grosseur et dont l'un a 100 pieds de longueur et l'autre 400, ont des intensités électriques qui sont comme 2 est à 1.

316. Si l'on adapte *successivement* deux conducteurs homogènes à une même pile; le pouvoir conducteur de ces fils variera proportionnellement à l section de chaque fil et en raison inver de la longueur.

Cette observation est due à M. *Barlow* et précédente à M. *Becquerel*.

317. La force exercée par un fil transversale à sa longueur et révoluti elle décroît en outre dans un rap

exactement proportionnel à la distance.

Obs. Cette force, déterminée par MM. *Biot* et *Savart*, n'est qu'un résultat composé des forces élémentaires exercées par chaque tranche du fil conjonctif. M. *de la Place* a calculé que la loi individuelle de ces forces élémentaires est la raison inverse du carré de la distance.

* 318. Il paraît que l'action de chaque élément du fil *oblique* sur chaque molécule de magnétisme austral ou boréal, est réciproque au carré de sa distance à cette molécule, et proportionnelle au sinus de l'angle formé par la distance avec la longueur du fil.

Cette action a été déterminée par M. *Biot*.

319. Quand le courant électrique passe à travers de tuyaux, de lames ou d'autres corps, de forme prismatique et d'une largeur sensible, on trouve que

tous ces corps agissent sur l'aiguille aimantée, comme feraient des faisceaux de fils parallèles à leur longueur.

*Action d'un Courant électrique sur un autre Courant.*

320. Deux fils conducteurs parallèles, mis en présence l'un de l'autre, et dont l'un est mobile, s'attirent ou se repoussent, suivant que les courans de même espèce vont dans le même sens ou en sens inverse.

Obs. Cette expérience capitale et la plupart des suivantes sont dues à M. *Ampère*.

321. Si les deux courans vont tous deux en s'approchant d'un point, ou tous deux en s'éloignant de ce point, il y a attraction; si les courans vont en sens inverses, en formant un angle du som-

met duquel l'un s'approche et l'autre s'éloigne, il y a répulsion.

Ex. Si l'un des fils est mobile, il se place, dans le premier cas, parallèlement à l'autre fil conducteur; et dans le second cas, il tourne sur lui-même de façon que les courans aillent dans le même sens.

322. L'action d'un conducteur rectiligne est la même que celle d'un conducteur plié en ligne sinueuse qui s'écarte très-peu de la ligne droite, lorsqu'on les fait agir à la même distance sur un conducteur rectiligne.

Obs. On peut donc substituer à une petite ligne parcourue par un courant électrique deux ou plusieurs autres lignes animées par un courant de même intensité, et dont les longueurs et les directions auront, avec la ligne proposée, les mêmes relations qui existent entre une force et ses composantes.

323. Un courant *terminé* qu
che d'un courant *indéfini*, ter
grader sur ce dernier, c'es
à se transporter en sens inve
direction du courant indéfini;
traire a lieu si le courant termin
gne du courant indéfini.

Obs. Quand deux courans forment u
le *courant terminé* est celui qui ne se p
pas au delà du sommet de l'angle, et le
*indéfini* s'étend des deux côtés du même
met

On explique par les principes précéde
*mouvement continu de rotation* d'un condu
mobile et circulaire. Le mouvement co
des spires dépend de la réciproque du prin
précédent, qu'on peut énoncer ainsi : un c
ducteur mobile indéfini, soumis à l'action d
conducteur terminé fixe, marche dans le se
de l'électricité, lorsque le courant terminé
en s'approchant du conducteur indéfini; et
sens contraire, lorsque le sommet terminé v
en s'en éloignant. On observe aussi que les cou

rans qui traversent l'eau acidulée, jouissent des mêmes propriétés que ceux qui parcourent des conducteurs métalliques.

324. Quand on fait revenir un fil conducteur plusieurs fois sur lui-même, de manière que le courant soit toujours dirigé dans le même sens, on amplifie considérablement son action.

Ex. Le multiplicateur de *Schweigger*, instrument précieux pour mettre en évidence les moindres courans électriques, est fondé sur ce principe. On augmente encore de la même manière la force des conducteurs fixes dans toutes les expériences dont nous avons parlé précédemment, il faut seulement prendre garde que les fils ne soient pas en contact ; on les enveloppe à cet effet de soie, pour les isoler.

325. Deux courans *indéfinis* tournent, par leur action mutuelle, autour de leur perpendiculaire commune,

jusqu'à ce qu'ils soient parallèles et dirigés dans le même sens.

Obs. Ce principe est une conséquence de l'action des courans angulaires (321).

326. Si deux fils métalliques, isolés, sont placés parallèlement l'un à l'autre, et si l'on fait passer un courant électrique par l'un d'eux, il se développe aussitôt dans l'autre un courant en sens contraire; ce courant, produit par influence, ne dure qu'un instant.

Quand le courant électrique cesse de passer par le premier fil, il se développe encore dans le second un courant instantané, mais le courant est dirigé dans le même sens que le courant producteur.

Cette belle observation est due à M. *Faraday*. On nomme aussi les courans produits de cette manière courans par *induction*.

### *Action de la Terre sur les Courans électriques.*

327. Si, dans l'expérience d'*OErsted* (310), on rend le conducteur mobile et si l'on fixe l'aiguille aimantée, ses attractions et répulsions auront encore lieu : il en sera de même si, à l'action de l'aiguille, on substitue celle de la terre qui se comporte alors comme un aimant (240).

On peut aussi se représenter les effets produits, comme s'ils étaient dus à des courans électriques, dirigés sur le globe dans le sens de l'est à l'ouest (320 et suivans).

Obs. On sent la nécessité de soustraire, dans toutes les expériences dont il a été question, les conducteurs à l'action du globe. Le principe précédent qui est fondamental dans la théorie de l'électro-magnétisme, est dû à M. *Ampère* qui en a fait de nombreuses applications.

328. Un courant qui suit une fermée, suspendue de manière à ner autour de la verticale qui pas son centre de gravité, prend une c tion fixe par l'action de la terre; la devient perpendiculaire au méri magnétique et le courant va de l'e l'ouest, dans la partie inférieure d courbe.

Obs. Ce principe est une conséquence principes (327 et 321). La moitié des éléme horizontaux agit dans un sens, tandis que l'a tre agit dans un sens opposé, et il reste les élé mens verticaux qui font mouvoir le conducteur

On accroît considérablement les effets, en pliant le fil conducteur en hélice, pour en former un *cylindre électro-dynamique*, qu'on peut regarder comme une série de cercles parallèles. Un pareil cylindre produit des effets exactement analogues à ceux d'un aimant, en présence, soit de la terre, soit d'une aiguille aimantée, soit d'un autre cylindre électro-dynamique. Ces expériences ont été répétées

de différentes manières par MM. *Ampère*, *Pouillet*, *Delarive*, *Vanderheyden*, etc. On a comparé les aimans à des hélices traversées par des courans électriques. M. *Savary* a trouvé que les centres d'action étaient exactement à l'extrémité des cylindres.

On peut aussi produire la rotation continue par un fil vertical soumis à l'action d'un aimant, comme *Faraday* l'a fait voir le premier, ou à la simple action du globe, selon l'expérience de M. *Ampère*. On doit aussi à M. *Davy* des expériences sur la rotation du mercure. On peut consulter sur ces observations les ouvrages de MM. *Ampère*, *Poisson*, *Savary*, et le manuel de M. *Demonferrand*.

## *Aimantation par Influence.*

329. Un conducteur électrique, placé perpendiculairement à une petite aiguille d'acier faiblement trempée, lui donne une légère aimantation. Le pôle austral se forme généralement à gauche

du courant, et le pôle boré

L'aimantation devient plus
si l'on place le barreau qu'
manter, dans l'intérieur d'u
électro-dynamique.

Obs. Ces effets ont été déc
MM. *Humphry-Davy, Ampère* et *A*
développer à son gré des points
(251), en repliant le fil de l'hélice
tes manières.

M. *Arago* a aimanté des aiguille
passer par les hélices qui les renfe
succession de très-petites étincelle

M. *Savary* a trouvé que des aigu
placées du même côté, au-dessus
teur, par exemple, acquièrent u
tion plus ou moins forte selon la
laquelle elles sont placées. Ce n'
d'après ses expériences, les plus
qui étaient le plus aimantées, m
à différentes distances du fil mét
points où l'aimantation était à so
et des points *minima* intermédiair

La distance influait aussi sur le sens de l'aimantation, les pôles nord et sud étant tantôt à l'une ou à l'autre extrémité, selon qu'elles étaient plus ou moins rapprochées du conducteur. Ces phénomènes étaient aussi influencés par la longueur et l'épaisseur des fils métalliques.

330. Si l'on enveloppe un barreau de fer doux, auquel on donne en général la forme d'un fer à cheval, d'un fil métallique qu'on roule en hélice et dont on isole les tours avec de la soie ou de la cire; et si l'on fait passer au travers de ce fil le courant d'une pile, les extrémités du barreau deviendront aussitôt les pôles d'un fort aimant.

Ex. M. *Pouillet*, en employant un fer d'un pied de hauteur et de deux pieds et demi de diamètre, entouré de 4000 pieds de fil de cuivre revêtu de soie, lui a fait porter jusqu'à 900 livres. La batterie voltaïque était composée de 24 plaques, de 16 centimètres sur 11. On doit

des expériences semblables à MM. *Sturgeon*, *Moll*, *Ladner*, *Henri*, *Ten Eyck*, etc.

En général, la vertu magnétique disparaît presqu'au même instant où le courant électrique cesse d'agir. J'ai vu cependant chez M. *Watkins*, à Londres, des barreaux de fer doux qui avaient conservé les propriétés magnétiques long-temps encore après avoir été sous l'influence des courans électriques.

331. En considérant l'influence de la forme de l'élément voltaïque, on trouve que les actions magnétiques peuvent se distinguer des actions calorifiques. Les forces magnétiques croissent ou diminuent en proportion des périmètres métalliques ; et la force calorifique varie avec la surface de ces mêmes lames, selon une loi qui n'est pas connue.

Ex. Ainsi avec un élément formé d'une petite lame ou d'un fil de zinc, qui parcourt un petit canal de cuivre de forme quelconque, et contenant de l'eau acidulée, on peut obtenir des

aimans temporaires assez énergiques. On peut aussi faire toutes les expériences relatives aux aimans temporaires avec un élément composé de simples fils de zinc et de cuivre, roulés en spirale plane et plongés dans un vase de verre contenant un peu d'eau acidulée. Ces recherches sont dues à M. *Dal Negro*.

NOTE. Nous n'avons pas parlé jusqu'à présent des opinions des physiciens sur la manière dont agissent les conducteurs électriques; il en existe deux principales auxquelles toutes les autres se rapportent. Les uns considèrent les courans comme agissant par eux-mêmes et produisant immédiatement les phénomènes des attractions et des répulsions; les autres regardent les courans comme développant dans le fil une action émanée de lui-même, qui se dirige transversalement à sa longueur, *révolutive* autour de son axe, et toujours parallèle à la portion de son contour circulaire.

Nous terminerons, en citant quelques résultats obtenus par M. *Mariani* sur les rapports entre l'énergie des appareils électro-moteurs et leurs effets sur les aiguilles aimantées.

1° Toutes choses égales d'ailleurs, la déviation de l'aiguille est proportionnelle à la surface du couple, cuivre et zinc, qui la produit. Mais quand deux couples ont des surfaces très-différentes l'une de l'autre, il semble que le fil conducteur ne puisse plus laisser passer toute l'électricité développée par le plus grand des deux couples, et alors la déviation est moindre qu'elle devrait être, d'après la loi de proportionnalité.

Des couples de masses différentes, mais dont les surfaces sont égales, produisent la même déviation de l'aiguille. Si les couples n'étaient point en contact dans toute leur étendue avec le conducteur liquide, l'effet produit ne dépendrait que de la portion mouillée, à laquelle elle demeurerait proportionnelle. On augmente très-peu l'effet en rendant la surface du zinc beaucoup plus grande que celle du cuivre. On l'augmente rapidement en donnant au cuivre une surface de plus en plus grande par rapport à celle du zinc. Entre certaines limites, l'effet est proportionnel à l'étendue immergée de la plaque de cuivre.

2° La déviation de l'aiguille aimantée, par

la réunion d'un nombre quelconque de couples, est toujours une moyenne entre toutes les déviations produites par chaque couple agissant séparément, ou en d'autres termes, elle est égale à la somme de ces déviations divisée par le nombre des couples.

*Faculté électro-motrice relative des conducteurs de la* 1re *classe.*

1° L'oxidation augmente toujours la faculté électro-motrice d'un métal, qui tend de plus en plus à devenir électro-négatif.

2° Un courant électrique est non-seulement une cause d'oxidation ou de désoxidation, mais il peut devenir une cause d'altération, toutes autres circonstances égales d'ailleurs.

3° Outre l'action des courans, le conducteur liquide exerce une influence telle que, de deux métaux exactement pareils, celui qui aura été plongé le dernier dans le liquide devient supérieur à l'autre; mais si, laissant ce métal supérieur, on retire et essuie le premier, pour le replonger ensuite, le courant changera de direction. En essuyant alternativement les deux métaux, le métal essuyé le dernier deviendra toujours supérieur à l'autre. Cela est surtout vi-

sible dans le zinc. L'auteur désigne pa
de métal *supérieur*, *égal* ou *inférieur*
électro-motrice, celui qui, mis en con
un second métal, se trouve à l'état
*naturel* ou *positif*.

4° Que l'on échauffe isolément le z
cuivre, le courant s'en trouvera touj
menté sans changer de direction. D'al
croissement du courant est proport
celui de la température, mais passé une
limite, on n'augmente plus l'énergie
rant proportionnellement à la tempér

*Conducteurs de la 2e classe*. La cond
des liquides augmente rapidement ave
pérature ; et par le refroidissement c
ductibilité diminue, mais moins vit
n'avait augmenté ; ce n'est qu'après u
assez long que le liquide revient à sa c
bilité primitive. Enfin l'accroissement
ductibilité des liquides avec la tempér
d'autant moindre qu'ils sont par eux
plus conducteurs.

5° Deux plaques, zinc et carbure de
8 pouces carrés, placées dans l'eau
mêlée à un vingtième d'eau de mer, a

| Pour déviation. | Aux distances. |
|---|---|
| 3° 30′. . . . . | 1/6 pouce. |
| 2, 45. . . . . | 1/2 |
| 2, 20. . . . . | 1 |
| 2, 00. . . . . | 1 1/2 |
| 0, 40. . . . . | 3 |
| 0, 20. . . . . | 6 |
| 0, 15. . . . . | 12 |
| 0, 00. . . . . | 24 |

Ce décroissement d'action, pour la même distance, est d'autant moindre que le conducteur est moins imparfait.

## CHAPITRE VI.

### DES PHÉNOMÈNES MAGNÉTO-ÉLECTRIQUES.

### *Des Courans électriques par influence ou par induction.*

332. Si l'on prend un fil métallique, roulé en hélice autour d'un cylindre creux, et si l'on introduit dans l'intérieur

de l'hélice un aimant, aussitô
rant instantané est produit dar
l'hélice;

Un second courant instanta
dirigé en sens contraire, est d
au moment où l'on retire l'aima
térieur de l'hélice.

Cette expérience que l'on doit à M
peut être considérée comme une co
de ce qui est dit aux paragraphes 3
On rend le courant sensible, en faisai
niquer les extrémités du fil roulé en l
les fils d'un galvanomètre.

La méthode la plus simple pour ré
périence précédente consiste à rou
métallique couvert de soie autour d'u
de fer doux, auquel on imprime et
successivement son magnétisme en
en contact, par ses deux extrémité
pôles d'un fort aimant en fer à cheva
terrompant cette communication.

Le magnétisme terrestre peut, c
courans électriques et les aimans, d

des courans électriques dans les disques et dans les fils métalliques en mouvement ; de sorte que tout corps conducteur en mouvement à la surface de la terre, doit être considéré comme couvert de courans électriques.

333. On est parvenu, au moyen des courans par influence que développent les aimans, à produire l'étincelle électrique, la commotion, les décompositions chimiques et tous les phénomènes en général que produisent les courans électriques ordinaires.

Ces résultats remarquables sont dus aux recherches de MM. *Faraday*, *Nobili*, *Antinori*, *Becquerel*, *Ampère*, *Forbes*, *Delarive*, *Pixii*, *Botto*, etc.

FIN DU SECOND VOLUME.

# TABLE DES MATIERES

## DU TOME SECOND.

## PREMIÈRE SECTION.

### DE LA CHALEUR.

Pag

CHAPITRE PREMIER. *De la Chaleur en génér et de ses sources principales.*

Température des différentes races d'hommes . . . . . .
Température des animaux . . . . .

CHAP. II. *Des modifications de la Chaleu*

De la Chaleur libre et du Thermomètre .
De la Chaleur latente et de l'Ébullition .
De la Chaleur rayonnante . . . . .

CHAP. III. *Des Lois de la propagation de la Chaleur et de celles du Refroidissement.*

De la Propagation de la Chaleur . . . 39
Du Refroidissement . . . . . 42
De la Chaleur spécifique . . . . . 47
De l'Équilibre de température . . . . 51

CHAP. IV. *Des Vapeurs et de leurs mélanges avec les gaz.*

De la Formation des Vapeurs, soit par l'ébullition, soit par l'évaporation. . 54
Des Forces élastiques des Vapeurs. . . 59
Des Densités des Vapeurs . . . . . 63
Du Mélange des Gaz et des Vapeurs . . 67

CHAP. V. *De l'Hygrométrie et des températures du globe.*

De l'Hygrométrie . . . . . 68
De la Rosée . . . . . 80
Températures du globe . . . . . 86

CHAP. VI. *De la Production artificielle de la Chaleur et du Froid.*

De la Combustion et de la Flamme. . . 95

De la production du Froid artificiel . . 98

## DEUXIÈME SECTION.

### DE L'ÉLECTRICITÉ.

CHAPITRE PREMIER. *De l'Électricité en général et de ses sources principales.*

Notions préliminaires . . . . . 100
Des Sources de l'Électricité. . . . . 103
De la Faculté conductrice . . . . . 105

CHAP. II. *De l'Action des corps électrisés sur les autres corps.*

Des Électricités opposées . . . . . 107
De la distance explosive et de la sphère d'activité électrique . . . . . 112

CHAP. III. *De la Distribution de l'Électricité dans les corps, et de sa déperdition.*

De la Distribution de l'Électricité dans les corps . . . . . 115

De l'Effet des Pointes . . . . . 122
De la Déperdition de l'Électricité par l'air et par les supports . . . . . 125

CHAP. IV. *De l'Électricité accumulée et de ses effets mécaniques.*

De l'Électrophore et du Condensateur . 129
De la Bouteille de Leyde et des Batteries électriques . . . . . 133
Des Effets mécaniques de l'Électricité . 139

CHAP. V. *De l'Électricité de l'atmosphère.*

De l'Électricité de l'air et des nuages. . 143
Effets de l'Électricité sur l'économie végétale et animale . . . . . 149
De Paratonnerres . . . . . 152
Des Météores électriques. . . . . 156

CHAP. VI. *De l'Électricité par contact* (Galvanisme).

Des Effets électriques de différentes substances mises en contact . . . . . 159

De la Pile voltaïque . . . . . .
Des Effets physiques et chimiques de la pile voltaïque . . . . . .
Des Piles sèches et des Piles secondaires.
Des différens Degrés de conductibilité électrique. . . . . .

## TROISIÈME SECTION.

### DU MAGNÉTISME.

CHAPITRE PREMIER. *Du Magnétisme et des Sources principales.*

Notions préliminaires . . . . . .
Des Attractions et Répulsions . . . .
Des Sources de l'aimantation . . . .

CHAP. II. *Des lois que suivent les actions Magnétiques et de l'Aimantation.*

Détermination des forces directrices. .
De l'Aimantation . . . . . .
De la Distribution du Magnétisme dans les corps aimantés . . . . . .

CHAP. III. *De l'action du globe sur les Aimans.*

Magnétisme de la terre . . . . . 209
De l'Aiguille de déclinaison. . . . . 211
De l'Aiguille d'inclinaison . . . . . 219
De l'intensité des forces magnétiques . 226

CHAP. IV. *Du Magnétisme par rotation et par chaleur.*

Du Magnétisme par rotation. . . . . 233
Des Expériences thermo-magnétiques . 238

CHAP. V. *Des Phénomènes électro-magnétiques.*

Action d'un courant électrique sur l'aiguille aimantée . . . . . 242
Action d'un courant électrique sur un autre courant . . . . . 248
Action de la terre sur les courans électriques. . . . . 253
Aimantation par influence . . . . . 255
Note . . . . . 259

CHAP. VI. *Des Phénomènes magnéto-électriqu*

Des courans électriques par influence ou par induction. . . . . 2

FIN DE LA TABLE DU SECOND VOLUME

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY
REFERENCE DEPARTMENT

his book is under no circumstances to b
taken from the Building

OCT 17 1924